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

№ 2, 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

Савин А. В., Лесовик В. С, Алфимова Н. И.
К ПРОБЛЕМЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА 7
Лукутцова Н. П., Горностаева Е. Ю., Поляков С. В., Петров О. Р.
МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ 13
Нужный С. Н.
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С Х-ОБРАЗНЫМИ ОПОРАМИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ МАТЕРИАЛОЁМКОСТИ 17
Леснов В. В., Ерофеев В. Т.
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ С ОРГАНИЗОВАННОЙ МАКРОСТРУКТУРОЙ 21
Сердюкова А. А., Рахимбаев И. Ш.
О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ СХВАТЫВАНИЯ И ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЫ БЕТОНА 26
Шумаков И. В., Обухов В. В.
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА УСТРОЙСТВА ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ: АСПЕКТ КАЧЕСТВА РАБОТ 29
Логанина В. И., Акжигитова Э. Р.
ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПЕНЗЕНСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ 34
Клюев С. В., Авилова Е. Н.
БЕТОН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ СЛАНЦЕВОГО ЩЕБНЯ 38
Бухало А. Б., Нелюбова В. В., Строкова В. В., Сумин А. В.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА 42
Сулейманова Л. А., Лесовик В. С., Хархардин А. Н.
ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИДИСПЕРСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ НЕАВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ 46
Пучка О. В. Сергеев С. В., Вайсера С. С., Калашников Н. В.
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ 51
Постникова О. А., Лукутцова Н. П., Карпиков Е. Г., Петров Р. О.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОДИСПЕРСНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНЫХ 56
Михайленко Т. Г., Логачев К. И., Редькин Г. М.
О НАПРЯЖЁННОМ СОСТОЯНИИ ПРОКАТНЫХ ШИРОКОПОЛОЧНЫХ И СВАРНЫХ ДВУТАВРОВ ДО И ПОСЛЕ ПРИВАРКИ К НИМ РЁБЕР ЖЁСТКОСТИ 60
Бабаев. В. Б., Строкова В. В., Нелюбова В. В., Савгир Н. Л.
К ВОПРОСУ О ЩЕЛОЧЕСТОЙКОСТИ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ В ЦЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЕ 63

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Бондаренко Ю. А., Федоренко М. А., Санина Т. М., Афонин В. Г., Антонов С. И.
СИСТЕМА УСТРАНЕНИЯ ВЫБРОСА ПЫЛИ В АТМОСФЕРУ 67
Порхало В. А., Рубанов В. Г., Шаптала В. Г
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕЧИ ОБЖИГА КЛИНКЕРА НА ОСНОВЕ КАСКАДНОЙ И МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ 69

Овчинников Д. А.
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНЖЕКТОРА ПНЕВМОСТРУЙНОГО АКТИВАТОРА ЦЕМЕНТА 73
Варченко И. С.
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕРАЗРЕЗНОГО БАРАБАНА ПРИ МНОГОСЛОЙНОЙ НАВИВКЕ КАНАТА 79
Белецкий Э. В., Толчинский Ю. А.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ БИНГАМОВСКОЙ ЖИДКОСТИ С ПОПЕРЕЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КАНАЛЕ ЧЕРВЯЧНОЙ МАШИНЫ 85
Рудяк Ю. А.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА ДИФФУЗНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО РАССЕИВАНИЯ 94
Сахаров Д. В., Дуюн Т. А.
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ФРЕЗЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ В ЦАНГОВЫЙ ПАТРОН ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ 97
Магергут В. З., Игнатенко В. А., Бажанов А. Г., Шаптала В. Г.
ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕПРЕРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СИНТЕЗА УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ 100
Карпачев Д. В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ОБОГАЩЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ 103
Семикопенко И. А., Воронов В. П., Вялых С. В., Гордеев С. И., Жуков А. А.
К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗОНЕ АКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОТОРОВ АГРЕГАТОВ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА 108

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Шипицын А. В., Серова Е. Г.
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА 110
Канищев Р. Ю., Усманов Д. И.
ТЕОРИЯ РОЛЕЙ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЛОКАЛЬНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ НА УРОВНЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ 115
Новоятлев М. А.
ВАРИАНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ МЕТОДАМИ В ПСМ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ООО «ЖБИ-4» И ЗАО «АЭРОБЕЛ» 122
Орлов А. В.
КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ТОПЛИВОЁМКОСТИ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА 126
Вострецов А. И.
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РИСКА, ВОЗНИКАЮЩЕГО В ПРОЦЕССЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ПЕРЕЛИВА ЭЛЕМЕНТОВ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА) 130
Левченко А. С., Рудычев А. А.
СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БЕЛГОРОДСТРОЙДЕТАЛЬ» 134

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ломаченко Д. В., Шаповалов Н. А.
РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ ШЛАМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ 141

Панасенко В. В., Гринь Г. И., Мазунин С. А., Кузнецов П. А.
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ОТГОНКИ ДИЭТИЛАМИНА ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ 144

Гринь Г. И., Кузнецов П. В., Кошовец Н. В., Пономарев В. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЙОДА ИЗ РАСТВОРОВ HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3 МЕТОДОМ ПРОДУВКИ ВОЗДУХОМ 149

ЭКОЛОГИЯ

Курмышева А. Ю., Сотникова Е. В., Забенькина Е. О.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МОЛИБДЕНА ИЗ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 152

Эпоян С. М., Душкин С. С.
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВИРОВАННОГО РАСТВОРА КОАГУЛЯНТА 156

Черныш Е. Ю.
ВЛИЯНИЕ СУЛЬФИДНОЙ ФРАКЦИИ НА ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД-ПОЧВА-РАСТЕНИЯ» 159

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Альмохаммед О. А., Кузнецов В. А.
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ГОРЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТОПКЕ 163

Лёвкин В. Н., Дубровин В. И.
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ 168

Синюк В. Г., Поляков В. М., Анищенко А. И.
ОБ ОДНОМ ГИБРИДНОМ АЛГОРИТМЕ НЕЧЁТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ 173

Рядинская Л. В., Лозовая С. Ю.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОМОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 177

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Богданович С. В., Жардемов Б. Б.
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПАССАЖИРСКОГО ХОЗЯЙСТВА АО «НК «ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ» 181

Бакалин Ю. И., Мухин Н. П., Виноглядов В. Н.
СДЕРЖИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ВОПРОСЫ ПОЛУЧЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ 185

Боровской А. Е., Шевцова А. Г.
МАКСИМАЛЬНАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЛОСЫ ПРИ ПОВОРОТНОМ МАНЕВРЕ 188

Севрюгина Н. С., Прохорова Е. В.
ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ 192

Платонов А. А.
СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНИКИ НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ПРИ ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ 196

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Корнеев В. Т., Мухин Н. П.
РОЛЬ СТУДЕНЧЕСКИХ ОЛИМПИАД В ПОВЫШЕНИИ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ 200

Ильина Л. В., Шатковская Н. А., Швецова М. Ж.
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ТИАМИНА В ПИТАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА 203

Курганская Л. М.
ЧИТАТЕЛЬСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ БУДУЩИХ БИБЛИОТЕКАРЕЙ 206

Киреев М. Н., Коренева Е. Н., Косолапов А. Н.
КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЦЕННОСТНЫХ УСТАНОВОК СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ИСКУССТВ И КУЛЬТУРЫ 209

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Дводненко Е. В., Лысова И. И., Петряева Н. И.
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОНЯТИЯ «КУЛЬТУРА» 212

Туранина Н. А., Биль О. Н.
ПЕРЦЕПТИВНЫЕ МОДУСЫ И ОБРАЗ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В ПОЭЗИИ НАЧАЛА XX ВЕКА 215

Лашина Л. С., Красников А. А.
ВКЛАД АКЦИОНЕРНЫХ ОБЩЕСТВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА В ПОРЕФОРМЕННЫЙ ПЕРИОД (1861-1917 гг.). 218

Гончаров Л. А., Быхтин О. В., Надуткина И. Э.
МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛИТЕТАМИ В ПРИГРАНИЧНОМ РЕГИОНЕ 221

Жук Н. П., Сапрыка В. А.
ПРИГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО КАК МЕХАНИЗМ ИНТЕГРАЦИИ ПОСТСОВЕТСКОГО ПРОСТРАНСТВА 226

Орлова Е. Е.
ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ 231

НАШИ АВТОРЫ 234

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Савин А. В., соискатель,
Лесовик В. С., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,
Алфимова Н. И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ПРОБЛЕМЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА*

naukavs@mail.ru

В настоящей работе излагаются результаты теоретических исследований, обобщаются данные, полученные другими исследованиями в области коррозии и защиты арматуры железобетонных конструкций с использованием композиционных вяжущих.

На основании электрохимической теории коррозии металлов рассмотрены условия пассивности стали в бетонах с пониженным содержанием клинкерного фонда, к которым могут быть отнесены бетоны на композиционных вяжущих. Разобран механизм защитного действия бетонов и установлены причины коррозии стальной арматуры в них.

Исследованы основные факторы, влияющие на коррозию и долговечность бетонов на композиционных вяжущих: вид и состав вяжущего, количество клинкерного фонда и суперпластификатора, выявлены ведущие факторы коррозии арматуры в таких бетонах.

Ключевые слова: *композиционные вяжущие, техногенное сырье, коррозия, арматура.*

Как известно основной вклад в себестоимость бетона и железобетона вносят вяжущие, снижения затрат на которые можно достичь за счет использования тонкомолотых многокомпонентных цементов (ТМЦ) и вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), в которых доля клинкерной составляющей может быть существенно снижена путем замены на кремнеземсодержащий компонент.

На базе Белгородского государственного технологического университета разработана оценка качества кремнеземистого компонента как компонента композиционного вяжущего, позволяющая ранжировать все горные породы по эффективности использования в качестве сырья для производства композиционных вяжущих (КВ) [1, 2]. Установлено, что в качестве сырья для получения композиционных вяжущих необходимо использовать определенные горные породы [3]. Из пород магматического происхождения – эффузивные стекловатой структуры; метаморфических – кварцсодержащие породы зеленосланцевой степени метаморфизма; осадочных – силициты из зоны диагенеза и раннего катагенеза и др.

Все это позволило разработать широкую номенклатуру композиционных вяжущих, с применяется сырье как природного, так и техногенного происхождения [4–7 и т.д.].

Однако основным фактором, сдерживающим широкое применение таких вяжущих при производстве железобетонных изделий является то, что вопросы коррозионного поведения стальной арматуры в бетонах с использованием ТМЦ и ВНВ в которых доля клинкерного компонента составляет менее 50 % не достаточно изучены.

Защита от коррозии является важнейшей мировой проблемой, т.к. по разным статистическим оценкам от 15 до 75 % конструкций подвергаются воздействию агрессивных сред и около 30 % из них требуется защита. Кроме того, по различным экспертным оценкам от 5 до 10 % строительных конструкций ежегодно выходят из строя.

Вопросы качества и долговечности строительных конструкций, как в техническом, так и в экономическом аспекте привлекают все большее внимание строителей. Очевидно, что во многих случаях экономически оправдано увеличение первоначальных затрат на изготовление конструкций и их надежную защиту, если это позволяет сократить число и стоимость ремонтов в процессе эксплуатации. В особенности это относится к железобетонным конструкциям из бетонов на КВ, в которых стальная арматура может быть хорошо защищена бетоном, а последнему можно придать значительную стойкость при попеременном замораживании и оттаивании, намокании и высушивании.

Развитие теории коррозии и защиты арматуры в железобетонных конструкциях получило в работах Москвина В.М., Алексеева С.Н., Артамонова В.С., Бабушкина В.И., Баженова Ю.М., Иванова Ф.М., Розенталя Н.К. и др.

Из зарубежных известны работы Кишитани, Шалон, Штельцеля и др.

К этому направлению примыкают многочисленные исследования химических добавок (Ратинов В.Б., Батраков В.Г., Иванов В.Ф. и др.), используемых для регулирования свойств бетонов, в том числе ингибиторов коррозии стали в бетоне.

Многолетний опыт применения железобетона и наблюдение за состоянием конструкций из него позволяют справедливо считать, что причиной их повреждения в условиях практически неагрессивной или слабоагрессивной среды чаще всего является коррозия арматуры и низкая морозостойкость бетона [8, 9].

Поэтому эффективная и безаварийная эксплуатация конструкций в ряде сред может быть достигнута не увеличением стойкости композита, а повышением способности бетона длительно защищать арматуру.

Однако при современном состоянии развития железобетона длительная защита арматуры в ряде случаев не может быть обеспечена. В связи с этим необходимо иметь представление об основных особенностях коррозионного поведения арматуры, чтобы оценить реальную опасность в процессе эксплуатации конструкций.

Коррозионное разрушение стали может проявляться в виде сплошной (общей) коррозии, которая охватывает всю поверхность металла и бывает равномерной или неравномерной по глубине, или местной коррозией, поражающей лишь отдельные участки поверхности металла (пятна, язвы, коррозионные трещины) [10].

Коррозионную стойкость металла в соответствии с ГОСТ характеризуют показателями потерь по массе [г/(м^2·ч)] или по глубине поражения (мм/год). Для арматуры железобетонных конструкций эти показатели, как правило, неприемлемы по двум причинам: во-первых, длительное развитие коррозии арматуры даже с малой скоростью приводит к растрескиванию и затем отделению защитного слоя бетона под давлением растущего слоя ржавчины; во-вторых, высокопрочная напрягаемая арматура может хрупко разрушаться под напряжением. В первом случае конструкция теряет часть несущей способности, а ее ремонт трудоемок и обычно малоэффективен в связи с тем, что практически невозможно полностью удалить ржавчину с арматуры перед восстановлением защитного слоя, во втором - происходит внезапное обрушение конструкции.

Скорость коррозии стали в бетоне зависит от степени агрессивности воды – среды, которая для этого случая может оцениваться pH, и содержанием кислорода. Длительная устойчивость стали в плотных цементных бетонах обеспечивается пассивностью железа в щелочных электролитах [11], щелочность которых должна иметь водородный показатель pH≥11,8.

Пассивная пленка на стали разрушается при снижении pH поровой жидкости бетона, например вследствие его карбонизации, наличия в бетоне активных заполнителей, нейтрализующих гидроксид кальция, а также при присутствие (в количестве более критического) хлориды и сульфаты. В работах Алексеева С.Н., Розенталя Н.К, Степановой В.Ф. показано, что в атмосферных условиях коррозия стали в бетоне протекает с анодно-омическим контролем и не зависит от скорости диффузии кислорода. Повышение плотности бетона замедляет анодный процесс, но не на столько, чтобы защитить арматуру от коррозии в непассивирующем бетоне. Основным условием первоначальной пассивности стали в бетоне является ее контакт с жидкой фазой бетона, величина pH которой должна быть не ниже 11,8 при условии отсутствия кислотных анионов.

В нормальном плотном бетоне без добавок – стимуляторов коррозии стали, как правило, не происходит активного растворения металла на анодных участках, кинетический переход железа в ионную форму резко заторможен, что обеспечивается высокой щелочностью поровой влаги. Высокая щелочность поровой влаги поддерживается запасом клинкерного фонда в цементном камне и длительной его гидратацией.

Однако бетон почти всегда содержит химически и физически связанную воду, т.е. капиллярную и осмотическую.

Количество физически связанной воды в бетоне, которая в отличие от химически связанной может служить электролитом - проводником зарядов между анодными и катодными участками поверхности стали, зависит как от особенностей бетона, так и от среды и условий взаимодействия ее с конструкцией. При погружении в воду, если оно достаточно длительно, может произойти практически полное насыщение капилляров и пор бетона. В этом случае водосодержание тем больше, чем выше пористость бетона.

При одностороннем контакте без напора, т.е. при капиллярном подсосе воды, степень насыщения бетона обычно ниже, так как высота всасывания воды находится в обратной зависимости от сечения капилляров. Давление насыщенного пара над мениском воды в капиллярах радиусом более $1\cdot10^{-5}$ см, которые обычно называются макрокапиллярами, практически равно давлению пара над плоской поверхностью, по-

этому такие капилляры не всасывают воду и могут заполняться только под напором воды или при конденсации ее, когда в бетоне образуется точка росы.

Содержание воды в бетоне при эксплуатации конструкций в воздушно-влажной среде зависит от ее относительной влажности. При 100 %-ной влажности воздуха, водосодержание бетона приближается к таковому при капиллярном подсосе. С уменьшением влажности воздуха водосодержание бетона падает. Для стали в бетоне, как и для открытого металла, существует некоторая критическая влажность воздуха, ниже которой пленки влаги не могут обеспечить перемещение ионов между анодными и катодными участками ее поверхности. Такое критическое значение относительной влажности воздуха находится в пределах 50-60 %, если бетон не содержит гигроскопических веществ, например, добавок хлористых солей, которые понижают это значение. Таким образом, в бетоне почти всегда достаточно влаги, необходимой для протекания процесса коррозии стали.

Что касается кислорода, то его недостаток может ограничивать процесс коррозии стали, как показали исследования, лишь при практически полном насыщении бетона водой, когда диффузия кислорода резко замедляется. В бетонах высокой плотности (при В/Ц < 0,5) отмечается замедление коррозии при увеличении относительной влажности воздуха сверх 80-85 %. В большинстве случаев поровое пространство бетона способно пропустить вполне достаточное количество кислорода для поддержания процесса коррозии арматуры.

Защитный слой бетона отделяет арматуру от внешней среды, но не изолирует ее полностью. Поэтому его защитное действие не эквивалентно действию непроницаемого барьера. Бетон проницаем для влаги и кислорода - основных веществ, необходимых для процесса электрохимической коррозии стали.

Коррозия металла, по определению Томашова Н.Д., – это «постепенное физико-химическое разрушение под воздействием окружающей среды». Внешняя по отношению к железобетонной конструкции среда воздействует, прежде всего, на бетон и лишь через него - на арматуру. По существу, средой, в которой находится арматура, является бетон. Поэтому необходимо установить его особенности как среды, которая должна определять состояние арматуры, начиная с момента изготовления конструкции.

Известно, что коррозия металлов чаще всего происходит по электрохимическому механизму, для действия которого необходимы следующие условия:

• наличие разности потенциалов между отдельными участками поверхности металла, т.е. электрохимическая неоднородность ее;

• наличие электрохимической связи между этими участками;

• активное состояние поверхности на анодных участках, где металл растворяется по реакции:

$$nH_2O + Me \rightarrow Me^{+} + nH_2O + \bar{e} \qquad (1)$$

• наличие достаточного количества деполяризатора, в частности кислорода, необходимого для ассимиляции на катодных участках поверхности металла избыточных электронов:

$$4\bar{e} + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4\overline{OH} \qquad (2)$$

Поскольку структура стали и контактного слоя бетона у поверхности неоднородны, то очевидно, что первое условие для арматуры в бетоне выполняется всегда. Так как бетон представляет собой капиллярно-пористое тело с активной и гидрофильной внутренней поверхностью, можно полагать, что второе и четвертое условия протекания коррозионного процесса в бетоне также могут выполняться. Следовательно, отсутствие коррозии стали в бетоне связано с тем, что не выполняется третье условие.

Важной особенностью цементного бетона является щелочность жидкой фазы, нормально насыщенной гидратом окиси кальция. Пористость же бетона способствует активному взаимодействию его со средой.

Как показывают многочисленные исследования, практическое отсутствие коррозии арматуры в бетоне объясняется пассивностью стали в щелочной среде, т.е. неспособностью к растворению по приведенной выше реакции (1). Все известные случаи коррозии арматуры связаны с тем, что по той или иной причине ее поверхность остается активной или не полностью пассивируется при изготовлении конструкции, либо теряет пассивность в процессе эксплуатации.

Томашов Н.Д. определяет пассивность как состояние повышенной коррозионной устойчивости металла или сплава (в условиях, когда с термодинамической точки зрения они являются вполне реакционноспособными), вызванное торможением анодного процесса. Наступление пассивности характеризуется обычно резким облагораживанием электродного потенциала металла. Так, железо, имеющее в активном состоянии потенциал около -0,4 В, может в пассивном состоянии приобрести потенциал до +1В по отношению к нормальному водородному электродному (НВЭ).

На корродирующей поверхности может устанавливаться устойчивый во времени (стационарный) потенциал, который является смешанным, т.е. имеет промежуточное значение между

равновесным (обратимым) потенциалом реакции ионизации металла (1) и потенциалом окислительно-восстановительной реакции (2). На значениях этих потенциалов не влияет состояние поверхности, а окислительно-восстановительный потенциал не зависит также от природы металла. Значение стационарного потенциала определяется равенством плотностей тока этих двух процессов и зависит от свойств поверхности металла. Поэтому смешанные потенциалы часто плохо воспроизводимы.

При определенных условиях корродирующий металл может покрываться беспористым слоем продуктов реакции, например окислом, который будет препятствовать непосредственному воздействию металла и электролита, т.е. наступит пассивное состояние металла. Это состояние возникает при потенциалах выше некоторого определенного значения, которое зависит от природы и состава электролита, особенно от значения pH.

В отличие от Томашова Н.Д., Феттера К. и других сторонников пленочной теории пассивности многие исследователи: Колотыркин Я.М. и другие - развивают адсорбционную теорию. И та, и другая достаточно согласуются с опытом. Однако предпочтение отдается электрохимическому механизму коррозии стили в бетоне.

Многочисленными исследованиями показано, что обычные цементные бетоны обладают достаточно высокими защитными свойствами по отношению к арматуре. В первые сутки после затворения pH жидкой фазы бетона находится в пределах 12,5-13,0 в зависимости от вида цемента и условий твердения. Высокая щелочность поровой влаги поддерживается благодаря наличию значительного количества (до 15%) $Ca(OH)_2$ в твердой фазе цементного камня и запаса клинкерного фонда в цементном камне бетона нормального твердения. Ускорение твердения бетона на портландцементе при повышенной температуре не меняет существенно состава жидкой фазы, так как известь выделяется в значительном количестве и при 100 и при 250 °С [12]. Однако, в случае применения композиционных вяжущих, надо считаться с поглощением извести тонкодисперсными кремнеземистыми компонентами.

Поэтому появление КВ нового поколения выдвигают на первый план вопросы, связанные с особенностями защитного действия бетонов на их основе по отношению к стальной арматуре.

В целом, применяемые минеральные добавки, можно разделить на гидравлически активные, характеризуемые значительной реакционной способностью с большим содержанием в составе метастабильных, главным образом, стекловатых фаз, таких как: пылевидные золы, пеплы, пемзы, туфы и т.д., и инертные или слабоактивные. Они характеризуются стабилизированным составом и структурой, в нормальных условиях слабо реакционноспособны, к ним относятся: кварцевые пески, кварцитопесчаники, граниты, известняки и т.д. Однако, в процессе совместного помола минеральных добавок с портландцементным клинкером или с цементом и, особенно, в присутствии сухого суперпластификатора, частички добавки значительно диспергируются и активизируются с соответственным увеличением реакционной способности.

Работы российских и зарубежных исследователей в целом свидетельствуют о том, что введение в бетон различных минеральных добавок, способствует снижению пассивирующего действия бетона по отношению к арматуре. Ряд авторов высказывают предположения о причинах этого явления, однако единого мнения по этому вопросу нет. Так, по данным В.А. Кинда через 28 сут. после затворения цементный камень содержит свободный $Ca(OH)_2$ в количестве, зависящим от соотношения клинкера и трепела, причем, уменьшаясь с уменьшением клинкера и повышением трепела. По данным В.С. Ромачандрана в гидратированном цементном тесте присутствует около 20% $Ca(OH)_2$ с целью обеспечения резервной основности для защиты стали, однако, опасность снижения pH жидкой фазы бетонов в случае применения пуццолановых добавок несомненна. В исследованиях В.Н. Юнг показано, что при понижении концентрации $Ca(OH)_2$ в жидкой фазе усиливается гидролиз зерен клинкера и выделение CaO из высокоосновных гидросиликатов. По данным Лурье И.С. и Хигерович М.И. поглощение CaO добавкой в бетоне сильно замедлено, так как, очевидно, протекает с диффузионным ограничением. Коррозионное состояние арматуры в бетонах на смешанных вяжущих с гидравлически неактивными или слабоактивными компонентами с большим диапазоном их содержания (50 % и более) практически не изучено. Способность добавок связывать $Ca(OH)_2$ повышается в процессе термообработки и при увеличении дисперсности и активности минеральных добавок [13–16 и др.]. Таким образом, снижение щелочности жидкой фазы бетона на композиционных вяжущих может привести к развитию коррозии стали в бетоне, интенсивность которой будет определяться условиями эксплуатации конструкций. Однако, сопоставлять КВ получаемые совместным помолом цемента, минеральной добавки и суперпластификатора с автономным применением минеральных и органических до-

бавок в бетонных смесях нецелесообразно в силу ряда причин, а именно:

- в процессе совместного помола частицы и минерального компонента, и клинкерных минералов приобретают значительную активность за счет дополнительного диспергирования;

- присутствие в системах ВНВ порошкообразного суперпластификатора трансформирует как химические, так и физические свойства КВ;

- значительная удельная поверхность неактивных и слабоактивных минеральных добавок увеличивает их виртуальную активность в процессе твердения КВ.

Учитывая изложенное можно отметить, что вопросы, связанные со способностью композиционных вяжущих в зависимости от вида не клинкерного компонента, его активности и количества, пассивировать стальную арматуру изучены недостаточно, что ограничивает их применение в железобетонных конструкциях.

Первоначальное пассивирующее действие бетона является необходимым, но недостаточным условием для длительной сохранности стальной арматуры. Длительность пассивирующего действия бетона, т.е. сохранения достаточной щелочности у поверхности арматуры, обеспечивается в основном его плотностью, толщиной защитного слоя и условиями эксплуатации. Капиллярно-пористая структура бетона предполагает неизбежность его взаимодействия с окружающей средой. Из большого числа разновидностей взаимодействий наиболее интересны те, что ведут к потере способности бетона пассивировать сталь. Очевидно, это процессы ведущие к снижению pH жидкой фазы бетона при условии отсутствия депассиваторов стали. Основной причиной снижения pH жидкой фазы бетона является нейтрализация его углекислым газом, имеющимся в атмосфере в количестве 0,03 % по объему, так называемая, карбонизация.

Процесс карбонизации протекает в три ступени : сначала диффундирует CO_2 имеющийся в воздухе, проникая через поверхность бетона в систему пор, затем CO_2 в порах превращается частично в угольную кислоту, и, наконец, вступает в реакцию со щелочными компонентами цементного камня, растворенными в поровой влаге. При этом утрачивается щелочность и защитное действие бетона по отношению к стальной арматуре. Упрощенно можно представить карбонизацию гидроксида кальция в форме

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

На скорость карбонизации бетона существенно влияет вид цемента. Так, по данным Кишитани [17], относительная глубина карбонизации в бетонах на портландцементе – I; на шлакопортландцементе – 1,4…2,2, на пуццолонавом цементе в зависимости от содержания пуццоланы 5 % - 0,7; 10 % - 0,78; 15 % - 1,14; на цементе с 20 % золы-уноса – 1,9. В своих работах Александрин И.П. отмечал, что чем больше имеется в бетоне щелочных продуктов гидратации, тем больше CO_2 может быть связано и тем медленнее перемещается фронт карбонизации вглубь бетона. В КВ количество щелочных компонентов понижается, в связи с этим бетон на их основе карбонизируется быстрее, чем бетон на чисто клинкерном портландцементе.

В целом, большое содержание щелочных компонентов в бетоне, как правило, имеет для развития карбонизации большее значение, чем малое диффузионное сопротивление, поэтому бетоны на портландцементе, несмотря на малое диффузионное сопротивление, часто имеют меньшую глубину карбонизации, чем бетоны на композиционных вяжущих. На скорость карбонизации бетона влияют такие физические факторы, как влажность и температура. Наибольшая скорость карбонизации бетона наблюдается при относительной влажности воздуха 50…60 %, когда пленочной влаги в порах достаточно для осуществления реакции, и в то же время микрокапиллярные поры не заполнены водой. При относительной влажности воздуха 30 % карбонизация практически прекращается из-за недостатка влаги в бетоне. Влажностные характеристики бетонов имеют большое значение для скорости карбонизации бетонов. В анализируемой литературе практически нет данных о диффузионной проницаемости бетонов на КВ. А так как эта характеристика является важнейшей, с точки зрения прогнозирования длительности защитных свойств бетона по отношению к арматуре, то необходимо выяснить влияние вида, расхода, фазового состава композиционных вяжущих на диффузионную проницаемость бетона.

Таким образом, на основе изложенного выше можно сделать выводы, что:

- бетоны на КВ, как по своей механической прочности, так и по важнейшим техническим свойствам адекватны аналогичным бетонам на обычном портландцементе;

- имманентным свойством композиционных вяжущих является связывание гидроксида кальция дисперсными минеральными добавками с одновременным упрочнением структуры бетона и снижением pH его жидкой фазы;

- способность КВ в зависимости от вида не клинкерного компонента, его активности и расхода пассивировать стальную арматуру требует дальнейшего изучения;

- пониженный запас клинкерного фонда в бетонах на композиционных вяжущих вызывает необходимость изучения вопросов длительной сохранности арматуры в них.

Исследователями, как правило, решаются частные вопросы, без учета влияния совокупности факторов, что не позволяет выявить ведущую причину коррозии стали в бетонах с использованием различных КВ.

Помимо перечисленных выше факторов немаловажное значение имеют и условия эксплуатации конструкций и изделий из армированных бетонов на композиционных вяжущих так как коррозия арматуры, как электрохимический процесс, может протекать лишь в среде электролита (в газовоздушных условиях таковыми является пленочная влага), то вопрос о влажностном режиме эксплуатации является основным. Поэтому необходимо, кроме выявления ведущего фактора коррозии арматуры и его количественной оценки, решить вопрос о надежной защите арматуры при эксплуатации конструкций в различных влажностных условиях.

**Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, грант № 14.B37.21.1487, тема: «Разработка научных и практических основ создания композиционных вяжущих на основе техногенного сырья с целью производства фибробетона для ремонтных работ» и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик Р.В., Жерновский И.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 78–79.

2. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук // Белгородский государственный технологический университет. Белгород, 2009. 463 с.

3. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: Научное издание. М.: Издательство АСВ, 2009. 526 с.

4. Гридчин А.М., Евтушенко Е.И., Лесовик Р.В. Комплексная переработка и использование техногенного сырья // Рециклинг отходов. 2006. № 4. С. 20.

5. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Л.А. Сулейманова, Р.В. Лесовик, Е.С. Глаголев, Д.М. Сопин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34–37.

6. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Е.А. Яковлев, М.С. Шейченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. №1. 2009. С. 30–33.

7. Гридчин А.М., Лесовик Р.В. Особенности производства ВНВ и бетона на его основе с использованием техногенного полиминерального песка // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. № 1. С. 36.

8. Изотов В. С. Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре как функция структуры цементного композита // Известия КГАСУ. Строительные материалы и технологии. 2006. № 1(5). С. 23-27.

9. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шиссль. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.

10. Москвин В.М., Рояк Г.С. Коррозия бетона при действии щелочей цемента на кремнезём заполнителей. М.: Госстройиздат. 1962. 164 с.

11. Алексеев С.Н. и др. Долговечность железобетона в агрессивных средах. – М.: Стройиздат, 1976. 205 с.

12. Волженский А.В. Влияние дисперсности портландцемента и В/Ц на долговечность камня и бетона // Бетон и железобетон. 1990. №10. С. 16–17.

13. Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента: Автореф. дис. канд. техн. наук, Белгород, 2011. 24 с.

14. Сулейманова Л.А., Жерновский И.В., Шамшуров А.В. Специальное композиционное вяжущее для газобетонов неавтоклавного твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 39–45.

15. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 29–32.

16. Урханова Л. А., Заяханов М. Е. Вяжущие и бетоны на основе вулканических шлаков // Строительные материалы. 2006. №7. С. 22–24.

17. International Congress on the Chemistry of Cements. 4. 1980. pp. 85–86.

Лукутцова Н. П., д-р техн. наук, проф.,
Горностаева Е. Ю., асс.,
Поляков С. В., студент,
Петров О. Р., студент
Брянская государственная инженерно-технологическая академия

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ

lukutzova@bgita.ru

Рассмотрены вопросы получения древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями при введении в состав композиции микро- и нанодисперсных добавок.

Ключевые слова: *древесно-цементные композиции, нанодисперсная добавка, микрокремнезем.*

Для производства древесно-цементных композиций (ДЦК) в настоящее время применяются различные целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения. Получение качественных материалов на основе органического заполнителя затруднено в связи с такой специфической особенностью органического заполнителя, как его агрессивность по отношению к цементу. С другой стороны, материалы на основе древесно-цементных композиций обладают крупнопористой структурой с незаполненным межзерновым пространством (80…90 % объёма твёрдого тела занимает древесный заполнитель и только 10…20 % приходится на цементный камень), характеризующаяся недостаточным для заполнения пустот между частицами органического целлюлозного заполнителя объёмом цементного камня.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является возможность улучшения физико-технических характеристик древесно-цементных композиций путем оптимизации структуры цементного камня на макро-, микро- и наноуровнях за счет регулирования размеров частиц древесного заполнителя, применения добавок микро- и нанодисперсного кремнезема и их комплексного использования (рис. 1). Ожидается, что такая модификация позволит получить строительные материалы с достаточно высоким пределом прочности при сжатии и низкими средней плотностью и водопоглощением.

Рис. 1. Схема повышения эффективности арболита

Для проведения исследований в работе использовались: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, произведенный ЗАО «Мальцовский портландцемент»; органический заполнитель; микрокремнезем конденсированный марки МК-85 с удельной поверхностью 120 $м^2/кг$, насыпной плотностью 250 $кг/м^3$ и истинной плотностью 2200 $кг/м^3$; добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная по золь-гель методу; добавка с наноразмерными частицами микрокремнезема, полученная путем ультразвукового диспергирования МК.

Оптимизацию зернового состава заполнителя для древесно-цементных композиций производили с помощью математического и компьютерного моделирования с использованием пакета Model Vision Studium (MvS, версия 4), позволяющего в динамическом режиме проанализировать и подобрать требуемый дисперсионный состав древесного заполнителя [1].

Пакет MvS решает следующие основные задачи:

- поддерживает интерфейс пользователя для создания математической модели исследуемой системы, а также обеспечивает контроль корректности этой модели;

-обеспечивает автоматическое построение компьютерной модели, соответствующей заданной математической;

- обеспечивает корректное проведение активного вычислительного эксперимента с компьютерной моделью на уровне абстракции математической модели.

Установлено, что оптимизация зернового состава органического заполнителя позволяет получать ДЦК (без введения добавок) с пределом прочности при сжатии 0,24 МПа, что на 15 % превышает прочность образцов изготовленных без оптимизации зернового состава заполнителя (0,20 МПа).

Перспективным и эффективным является широкое использование различных органических и неорганических добавок для улучшения качества ДЦК, а в последнее время все более актуальным становится вопрос модификации строительных композитов с помощью микронаполнителей.

Согласно имеющимся литературным данным, прочность арболита удается увеличить лишь на 10...15 % почти при полном удалении легкогидролизуемых веществ из древесного заполнителя. Следовательно, наличие таких веществ в заполнителе можно рассматривать лишь как один из его недостатков. Это означает, что кроме химической агрессивности (содержание экстрактивных и легкогидролизуемых веществ) органический заполнитель обладает и другими специфическими свойствами, которые отрицательно воздействуют на структурную прочность ДЦК и поэтому должны учитываться в технологии их производства [2].

Для модифицирования структуры древесно-цементных композиций на микро- и наноуровнях одновременно вводили в смесь микрокремнезем (предварительно смешанный с цементом) и добавки с наноразмерными частицами кремнезема (вместе с водой затворения), полученные методом ультразвукогово диспергирования (НМк) и по золь-гель методы (НК). Результаты испытаний модифицированных образцов ДЦК приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний ДЦК модифицированных добавками

№ п.п.	Состав композиции	ρ_o, $кг/м^3$	λ, Вт/м·ºС	$R_{сж}$, МПа	B_m, %
1	ДЦК (контрольный)	747	0,322	0,24	86,5
2	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,03 %)	592	0,233	1,31	89,6
3	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,06 %)	622	0,250	1,43	72,3
4	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,09 %)	641	0,261	2,24	65,4
5	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,13 %)	665	0,274	2,78	57,6
6	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,16 %)	670	0,277	3,1	52,1
7	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,20 %)	676	0,281	3,71	49,2
8	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,03 %)	671	0,278	3,52	65,3
9	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,06 %)	703	0,296	5,30	66,4
10	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,09 %)	712	0,302	4,12	67,9
11	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,13 %)	712	0,302	3,67	66,6
12	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,16 %)	700	0,295	2,05	63,5
13	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,20 %)	688	0,288	1,38	60,8
14	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,06 %)+НМк(0,20 %)	630	0,254	15,0	52,3

Совместное использование МК в количестве 20 % и добавки с наноразмерными частицами кремнезема, полученной ультразвуковым методом, в количестве 0,03 % позволяет повысить предел прочности при сжатии на 82 %, снизить среднюю плотность на 21 %, а коэффициент теплопроводности на 28 %. При дальнейшем увеличении содержания НМк до 0,20 %предел прочности увеличивается на 93,5 %, водопоглощение снижается на 43 %. Средняя плотность при увеличении содержания добавки возрастает, по сравнению со средней плотностью ДЦК, в состав которой помимо 20 % микрокремнезема вводили 0,03 % добавки с наноразмерными частицами микрокремнезема, но остается на 10 % ниже значения средней плотности контрольного состава.

При совместном использовании 20 % МК и 0,03 % (в пересчете на сухое вещество) добавки с наноразмерными частицами кремнезема, полученной по золь-гель методу, наблюдается увеличение предела прочности при сжатии на

93 %. Водопоглощение, средняя плотность и коэффициент теплопроводности снижаются на 24, 10 и 14 % соответственно.

Увеличение содержания НК до 0,06 % приводит к увеличению предела прочности при сжатии на 95 %, дальнейшее увеличение добавки приводит к снижению предела прочности при сжатии до 1,38 МПа.

Использование двух добавок, 20 % микрокремнезема и 0,09 % добавки НК, приводит к увеличению средней плотности и коэффициента теплопроводности, при дальнейшем увеличении содержания НК до 0,2 % приводит к снижению средней плотности на 8 %, коэффициента теплопроводности на 11 %, водопоглощения на 30 %.

При комплексном использовании микронаполнителя в количестве 20 %, НМк – 0,2 % и добавки с наноразмерными частицами кремнезема, полученной золь-гель методом, – 0,06 % получили материал с пределом прочности при сжатии на 98 % превышающем аналогичный показатель контрольного состава древесно-цементной композиции.

Комплексное воздействие добавок, содержащих микро- и нанодисперсные частицы кремнезема, на цементную систему выражается в том, что на ранней стадии структурообразования, в пластичном состоянии, система обретает повышенную вязкость и связность и характеризуется ярко выраженной тиксотропность, а на поздней стадии цементный камень характеризуется особым качественным составом и особой геометрией структуры.

Систему арболита можно представить как композицию из двух каркасов, расположенных друг в друге и работающих совместно, а именно, как каркас из частиц заполнителя, склеенных цементным клеем, и каркас из конгломератов цементного камня, объединенных в единую систему склеенными частицами заполнителя [2 - 6].

Однако использование цемента для образования крупных узлов цементного камня представляется нерациональным, так как последний обладает излишней прочностью в сравнении со всей системой каркаса. Система будет работать наиболее эффективно, только если будет равнопрочной. Добиться этого представляется возможным путем увеличения объема цементного камня за счет добавления в цементное тесто тонкодисперсного наполнителя и наномодифицирующих добавок.

Таблица 2

Результаты исследования порометрии ДЦК модифицированных добавками

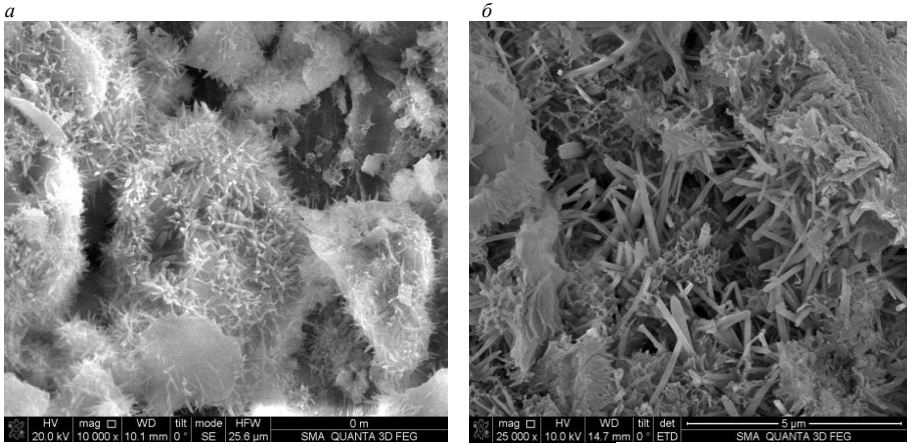
Состав образца	Общая площадь пор, $см^2/г$	Объем пор, $см^3/г$	Средний диаметр пор, мкм
Контрольный	22560	0,066	0,011
ДЦК +микрокремнезем + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная ультразвуковым методом	10680	0,037	0,012
ДЦК+микрокремнезем + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная по золь-гель методу	10230	0,033	0,012
ДЦК+микрокремнезем + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная ультразвуковым методом + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная по золь-гель методу	13460	0,031	0,08

Результаты порометрии (таблица 2) позволяют сделать вывод о том, что общая площадь пор образцов ДЦК с микрокремнеземом и добавками с наноразмерными частицами кремнезема (с каждой добавкой отдельно) снижается в среднем на 54 %, объем пор на 46 %, при этом средний диаметр пор увеличивается на 13 %.

В результате исследований микроструктуры установлено (рисунок 2), что при введении в состав ДЦК наряду с микронаполнителем добавок с наноразмерными частицами кремнезема образуется более плотная структура, отличающаяся наличием новообразований, характерных для гидросиликатов кальция на поверхности частиц древесного заполнителя. Это, вероятно, объясняется тем, что реакционноспособный активный кремнезем, связывает выделяющийся при гидратации портландит с образованием гидросиликатов кальция, а образующиеся гидроацетоалюминаты кальция кальматируют поры.

Комплексное использование микронаполнителя и добавок с наноразмерными частицами приводит к снижению всех трех показателей, по сравнению с контрольным составом ДЦК. Средний диаметр пор уменьшается на 20 %, объем пор снижается на 53 %, а общая площадь пор на 40 %.

а *б*



×10000 ×25000

Рис. 2. Микроструктура древесно-цементной композиции с микрокремнеземом и добавками с наноразмерными частицами кремнезема

Таким образом, комплексное использование добавок, содержащих микро- и наноразмерные частицы кремнезема, и оптимизация зернового состава органического заполнителя позволяют получать материал с пределом прочности при сжатии на 98 % превышающем аналогичный показатель древесно-цементных композиций контрольного состава, водопоглощение снижается на 50 – 60 %. Кроме того, использование микронаполнителя позволяет снизить расход цемента до 40 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование процесса подбора состава песчаной смеси / В.С. Янченко, Н.П. Лукутцова, Е.В. Дегтярев, Е.Л. Королева, С.В. Ширко // Строительные материалы и технологии. – 2012. - № 4 (42). – С. 72 – 76.

2. Наназашвили, И.Х. Строительные материалыв из древесно-цементной композиции / И.Х. Наназашвили . – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.

3. Горев, В.Я. Некоторые аспекты структурообразования арболита [Текст] / В.Я. Горев, В.С. Подчуфаров // Научные труды МЛТИ. – М., 1990. – Вып. 231. – С. 52-61.

4. Щербаков, А.С. Арболит. Повышение качества и долговечности / А.С. Щербаков, Л.П. Хорошун, В.С. Подчуфаров. – М.: Лесн. промть, 1979. – 160 с.

5. Подчуфаров, В.С., Исследования взаимодействия древесины с химическими добавками при производстве древесно-цементных материалов / В.С. Подчуфаров, Б.Г. Штейс // Научные труды МЛТИ. – М., 1988. – Вып. 204. – С. 49-60.

6. Подчуфаров, В.С. Исследование факторов, влияющих на качество арболита. [Текст]: автореферат дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М.: МЛТИ, 1980. – 20 с.

Нужный С. Н., аспирант
Старооскольский технологический институт
(филиал «МИСиС»)

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С Х-ОБРАЗНЫМИ ОПОРАМИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ МАТЕРИАЛОЁМКОСТИ

serg.nuzhniy@yandex.ru

В статье представлены несколько вариантов новой рамной конструкции с Х-образными опорами и результаты численных исследований этих конструкций. Также для обоснования целесообразности новых конструкций была предложена оценка материалоёмкости путем сравнения безразмерных коэффициентов, выражающих отношение погонного веса рамных конструкций к погонным действующим нагрузкам. Полученные результаты по материалоёмкости и напряженному состоянию рамных конструкций с Х-образными опорами сравниваются с результатами численных исследований обычных рам с аналогичными характеристиками.

Ключевые слова: *новое конструктивное решение, легкая рамная конструкция, Х-образные опоры, численные исследования, материалоёмкость.*

Строительство — одна из самых материалоёмких отраслей производства, потребляющая огромное количество строительных материалов и изделий. Удешевление строительных материалов, бережное отношение к ним при перевозках и хранении, а так же технически обоснованное, экономное их расходование служат одним из важных путей к дальнейшему снижению стоимости строительства.

В решении задачи повышения эффективности строительства большое значение имеет снижение массы строительных конструкций. Уменьшение массы материалов на потребительскую единицу конструкции позволяет снизить затраты по их перевозке, уменьшить мощность монтажных и транспортных средств, укрупнить строительные конструкции и в конечном счете снизить трудоемкость и стоимость строительства.

С каждым годом возрастают требования к конструкциям, несущим нагрузки. Снижение материалоемкости конструкций и одновременное обеспечение заданного ресурса и надежности стали важнейшими требованиями для новых конструктивных решений в области строительства.

Поэтому идея использования, в легких рамных конструкциях, Х-образных опор [1] является актуальной, так как она не только позволяет расширить диапазон перекрываемого пролета, разгрузить ригель, но и повысить устойчивость рамы за счет наружного подкоса.

В этой связи, целью настоящей работы является оценка напряженного состояния и определение материалоёмкости новых рамных конструкций с Х-образными опорами, выявление наиболее эффективного конструктивного решения рам с Х-образными опорами и сравнение полученных результатов с обычными П-образными рамами.

Рамные системы, в конструктивном смысле представляют собой строительные сооружения, в которых совмещаются строительные и технологические функции, что обуславливает основные особенности их расчета и проектирования.

Рамные конструкции с Х-образными опорами могут иметь различные конструктивные решения (рисунок 1а-е), но расчетную модель рамно-балочной конструкции с такими опорами можно представить в виде балок на упругоподатливых опорах. Такая расчетная модель позволяет адекватно действительному напряженно-деформированному состоянию оценивать несущую способность и деформативность рамно-балочных конструкций с Х-образными опорами. Для всех исследуемых конструктивных решений расчетных систем рамных конструкций с Х-образными опорами, их напряженно-деформированное состояние определялось по методике расчета предложенной автором в [2].

Аналитические исследования несущей способности и деформативности рамных конструкций с Х-образными опорами, представленными на рисунке 1(а-е), выполнялись по следующим параметрам: пролет l = 9, 12, 15 и 18м, высота рамы h=7,2 м, удельный вес стали $\gamma = 7{,}85 \times 10^4$ Н/м^3, расчетная снеговая нагрузка для III-го снегового района (г. Старый Оскол) при шаге колонн 6 м q = 10800 Н/м, модуль упругости стали $E = 2{,}1 \times 10^{11}$ Н/м^2. Для демонстрации эффекта применения Х-образных опор сравним их с обычными П-образными рамами с аналогичными параметрами (рисунок 1 ж-з).

Результаты аналитических исследований (эпюры изгибающих моментов) для рамных конструкций с Х-образными опорами пролётом 9 м (эпюры для пролётов 12, 15 и 18 м не показаны, чтобы не загромождать статью) показаны на рисунках 2 и 3. Максимальные изгибающие моменты в ригеле от снеговой нагрузки для всех видов конструкций представлены в таблице 1.

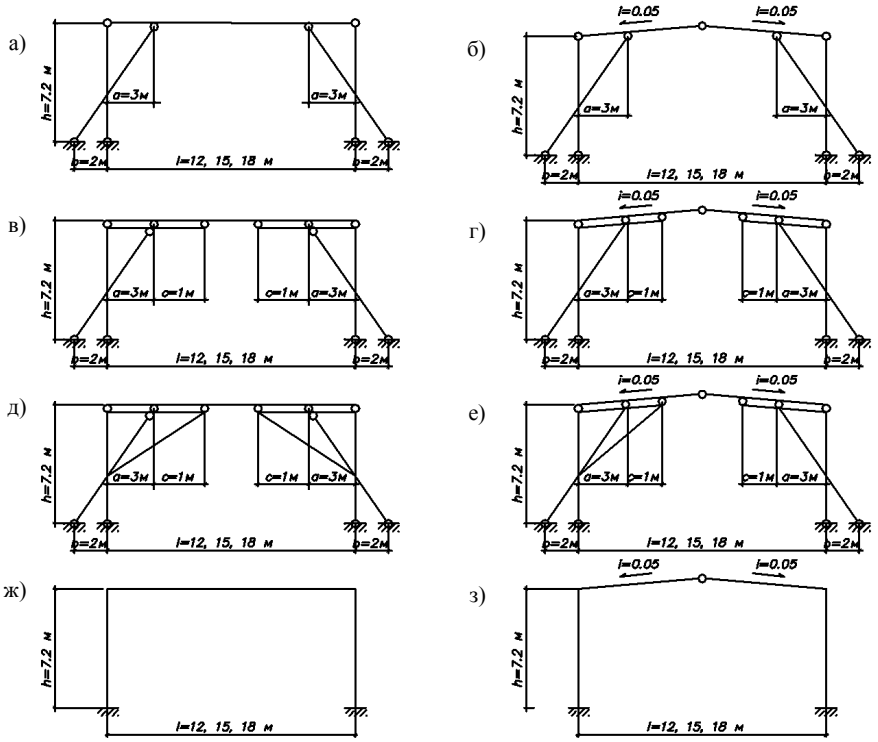


Рис. 1. Исследуемые рамные конструкции, где:
а) рамная конструкция с Х-образными опорами; б) рамная конструкция с Х-образными опорами с шарниром в середине пролета; в) рамная конструкция с Х-образными опорами усиленная консольными балочными элементами; г) рамная конструкция с Х-образными опорами усиленная консольными балочными элементами и шарниром в середине пролета; д) рамная конструкция с Х-образными опорами усиленная консольными балочными элементами с дополнительными внутренними подкосами; е) рамная конструкция с Х-образными опорами усиленная консольными балочными элементами с дополнительными внутренними подкосами и шарниром в середине пролета; ж) П-образная рамная конструкция; з) П-образная рамная конструкция с шарниром в середине пролета

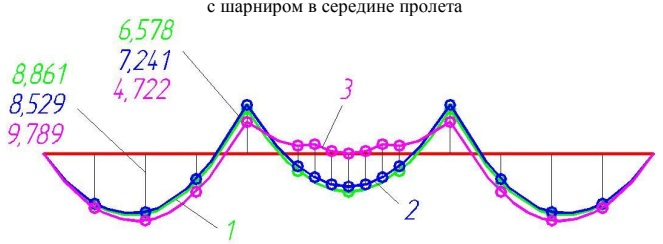


Рис. 2. Эпюры изгибающих моментов (кН*м) от снеговой нагрузки рамной конструкции с Х-образными опорами, при пролёте 9 м, в исполнении:
1 – обычное исполнение; 2 - усиленная консольными балочными элементами; 3 - усиленная консольными балочными элементами с дополнительными внутренними подкосами

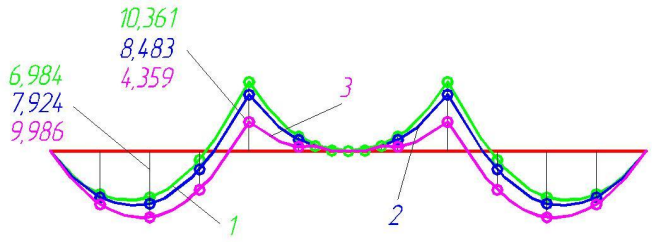


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов (кН*м) от снеговой нагрузки рамной конструкции с Х-образными опорами с шарниром в середине пролёта, при пролёте 9 м, в исполнении:
1 – обычное исполнение; 2 - усиленная консольными балочными элементами; 3 - усиленная консольными балочными элементами с дополнительными внутренними подкосами

Таблица 1

Напряженное состояние исследуемых конструкций

Вид расчётной схемы	Максимальный изгибающий момент в ригеле, М (кН*м)			
	l=9 м	*l*=12 м	*l*=15 м	*l*=18 м
Рис. 1-а	8,861	24,642	58,056	108,536
Рис. 1-б	10,361	42,349	94,621	167,104
Рис. 1-в	8,529	19,406	41,304	71,084
Рис. 1-г	8,483	22,429	54,606	112,232
Рис. 1-д	9,789	12,691	33,872	75,312
Рис. 1-е	9,986	17,421	54,609	112,239
Рис. 1-ж	69,463	114,44	168,466	231,199
Рис. 1-з	104,512	182,937	281,295	399,365

Из таблицы 1 видно, что применение Х-образных опор для рам пролётом 9 м понижает максимальный изгибающий момент в ригеле в 7-12 раз по сравнению с обычными П-образными рамами; для пролёта 12 м в 4-10 раз; для пролёта 15м в 3-5 раз; для пролёта 18 м в 2-3,5 раза. То есть наибольший эффект применения Х-образных опор достигается в рамах малых пролётов.

Для обоснования целесообразности новых конструкций проведём оценку материалоёмкости путем сравнения безразмерных коэффициентов, выражающих отношение погонного веса рамных конструкций к погонным действующим нагрузкам.

Погонный вес всей рамной конструкции равен:

$$G = \sum \frac{G_{ii}}{l}, \qquad (1)$$

где l – пролёт рамы, G_{ii} - погонный вес каждого элемента конструкции:

$$G_{ii} = V_{ii}\,\gamma, \qquad (2)$$

где γ - плотность металла, V_{ii} - объем каждого элемента конструкции:

$$V_{ii} = A_{ii}\,l_{ii}, \qquad (3)$$

где A_{ii} - площадь поперечного сечения каждого элемента, l_{ii} - длина каждого элемента.

Подбор сечений ригеля, стоек и подкосов выполним по результатам расчёта для описанных выше рамных конструкций. Для возможности сопоставления результатов подбора сечений для различных видов конструкций подбор сечений ригеля будем выполнять из двутавра, стоек из коробки из двух швеллеров, подкосов из двух уголков.

Погонный вес поддерживающих элементов рамы будем рассматривать в относительных единицах, действующих на них нагрузок (отношение погонного веса поддерживающих элементов к погонным действующим нагрузкам). В результате этого получим безразмерный коэффициент материалоемкости поддерживающих элементов K:

$$K = \frac{G}{q_0}. \qquad (4)$$

Полученные результаты коэффициента материалоёмкости запишем в таблицу 2. В результате этого можно выяснить наиболее экономически выгодную конструкцию по материалоемкости.

Для наглядности данные таблицы 2 представим в виде графика зависимости пролёта от материалоёмкости, изображенного на рисунке 4. Прочерки в таблице 2 означают, что для данного вида конструкции сечение ригеля в действующем сортаменте подобрать не удалось.

Таблица 2

Материалоёмкость исследуемых конструкций

Вид расчётной схемы (номер на графике)	Коэффициент материалоёмкости, К, при пролёте *l*			
	l=9 м	*l*=12 м	*l*=15 м	*l*=18 м
Рис. 1-а (1)	0,0743	0,0989	0,1447	0,2211
Рис. 1-б (4)	0,0755	0,1290	0,2052	0,4197
Рис. 1-в (2)	0,1226	0,1457	0,1848	0,2276
Рис. 1-г (5)	0,1487	0,1654	0,2348	0,3127
Рис. 1-д (3)	0,1257	0,1291	0,1415	0,2023
Рис. 1-е (6)	0,1349	0,1426	0,1952	0,2617
Рис. 1-ж (7)	0,1898	0,2669	0,5130	-
Рис. 1-з (нет на граф.)	-	-	-	-

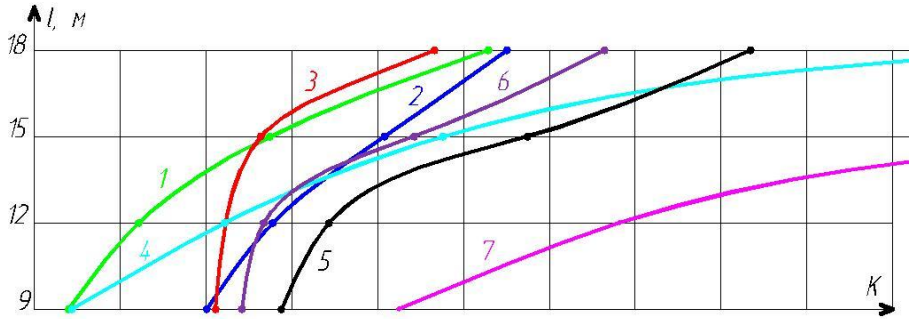


Рис. 4. Материалоемкость поддерживающих элементов в рамных конструкциях (номер графика на рисунке соответствует номеру конструкции рамы в таблице 2)

Как видно, из таблицы 2 и рисунка 4 наиболее эффективными, с точки зрения материалоёмкости, на малых пролётах (9 и 12 м) являются рамы №1, 3 и 4; на средних пролётах (15 и 18 м) рамы №1, 2 и 3.

Результаты проведённых исследований подтвердили эффективность применения рамных конструкций с Х-образными опорами. Выявлены закономерности материалоёмкости рамных конструкций с Х-образными опорами, в зависимости от конструктивной схемы.

Проведенные численные исследования материалоемкости рамных конструкций с Х-образными опорами показали, что среди предложенных конструкций самыми рациональными являются конструкции изображенные на рисунках 1а и 1д. Материалоемкость этих конструкций в 1,5 – 3,5 раз меньше (в зависимости от пролёта), чем у обычной П-образной рамы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на полезную модель № 92038. Шарнирная рамная конструкция с Х-образными опорами. // Нужный С.Н., Лунев Л.А. – 2009131877/22; заявл. от 25.08.2009; опубл. 10.03.2010.

2. Нужный, С.Н. Шарнирная рамная конструкция с Х-образными опорами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2012. №4. С. 74–75.

Леснов В. В., канд. техн. наук, доц.,
Ерофеев В. Т., д-р техн. наук, проф.
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ С ОРГАНИЗОВАННОЙ МАКРОСТРУКТУРОЙ

vvl377mgu@rambler.ru

В статье приводятся результаты исследования свойств дисперсно-армированных каркасных композитов на наполненных цементных матрицах. Получены математические модели физико-механических свойств, отмечено их улучшение при введении дисперсной арматуры и различных наполнителей.

Ключевые слова: *каркасные композиты, наполнитель, дисперсная металлическая арматура, математические модели прочностных свойств.*

Снижение материалоемкости и улучшение физико-механических свойств композиционных материалов может достигаться применением нетрадиционных технологий их приготовления. К таковым можно отнести материалы получаемые методам пофазного формования, бетоны с фиксированным щебеночным каркасом, каркасные композиты и т. д. [1, 2].

Общим для данных технологий является то, что они изготавливаются путем получения на первом этапе оптимальных смесей заполнителей, их укладки и фиксации по форме будущего изделия, и заполнением пустот матричной составляющей, созданного таким образом каркаса, на втором этапе. При этом изготовление щебеночного каркаса может осуществляться склеиванием между собой зерен крупного заполнителя или их уплотнением.

Введение в состав бетона дисперсной металлической арматуры (ДМА) позволяет получать композиты с повышенной трещиностойкостью, истираемостью, морозостойкостью, долговечностью, улучшенными прочностными характеристиками [3], поэтому исследование свойств каркасных композитов, армированных дисперсной арматурой является актуальной задачей.

Целью работы являлось исследование влияния дисперсного армирования, вида и содержания наполнителя на структурные и прочностные свойства каркасных дисперсно-армированных (ДА) композитов.

При выполнении исследований использовали математическое планирование эксперимента на двухфакторном плане. В качестве факторов были выбраны: X_1 – содержание дисперсной металлической арматуры в % по объему, X_2 – размер фракции крупного заполнителя. В качестве крупного заполнителя применяли амфиболитовый щебень фракций 2,5-5 мм и 5-10 мм Новокиевского месторождения (п. Новорудный, Оренбургская обл.), вяжущего – портландцемент марки ЦЕМ I 52,5 ГОСТ 31108-2003 (ОАО «Мордовцемент»), ДМА – «Драмикс 50/1» длиной 50 мм и диаметром 1 мм, наполнителей – порошки амфиболита и шлака (ОАО Липецкий металлургический комбинат) с удельной поверхностью 350 см^2/г.

Значения факторов на относительных и фактических уровнях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Уровни факторов	
	относительные	фактические
X_1	-1	0
	-0,5	0,375 %
	0	0,75 %
	+0,5	1,125 %
	+1	1,5 %
X_2	-1	Фр. 2,5-5 мм
	+1	Фр. 5-10 мм
X_3	-1	0
	+1	0,3

Технология изготовления композитов была следующей: получали каркас, перемешивая всухую крупный заполнитель с ДМА в течение 2 мин, вводя арматуру тремя равными порциями, смесь укладывали в формы и уплотняли. После чего готовили в течение 2 мин матричные композиции следующего состава: портландцемент – 100 мас. ч., наполнитель (амфиболит, шлак) – 0 и 30 мас. ч., суперпластификатор марки «Melflux 1641F» – 0,5 % от массы вяжущего, В/Ц = 0,4. Далее получали каркасный ДА композит, производя пропитку каркаса матричным составом при подаче смеси в пустоты сверху вниз. Каркасы и каркасные ДА композиты уплотняли на встряхивающем столике 30 ударами с частотой 1 удар/с. Образцы после суточного твердения подвергали тепловлажностной обработке при 95^{0}С в течение 8 ч. Испытания по определению прочности на изгиб, сжатие, начальный модуль упругости, средней плотности, удельной ударной вязкости и истираемости производили на образцах–балочках размером 4×4×16 см.

После обработки результатов были получены математические модели физико-механических свойств каркасных ДА композитов на наполненных матрицах, приведенные ниже:

$$R_i^{kn} = 13,07 + 1,08X_1 - 0,64X_2 + 0,33X_4 - 0,16X_1X_2 + 0,17X_1X_4 - 0,21X_1^2,$$

$$R_b^{kn} = 59,07 + 2,64X_1 + 4,26X_2 + 3,04X_4 - 1,36X_1^2,$$

$$\rho^{kn} = 2328,4 + 68,5X_1 + 11,4X_2 + 8,1X_4,$$

$$И^{kn} = 1,95 - 0,18X_1 + 0,22X_2 - 0,07X_3 + 0,05X_4 + 0,05X_1X_2,$$

$$A_y^{kn} = 11,08 + 6,69X_1 - 1,25X_2 + 0,66X_3 - 0,48X_4 - 0,89X_1X_2 + 0,41X_1X_3 - 0,32X_1X_4,$$

$$E_o^{kn} = 23421,4 + 792,9X_1 + 640,2X_2 + 505,5X_4 + 160,5X_2X_4 + 162,6X_1^2,$$

где R_i^{kn}, R_b^{kn} – предел прочности при сжатии и изгибе (МПа), ρ^{kn} – средняя плотность (кг/м^3), $И^{kn}$ – истираемость (г/м^2), A_y^{kn} – удельная ударная вязкость (кДж/м^2) и E_o^{kn} – начальный модуль упругости (МПа) каркасных дисперсно-армированных композитов на пластифицированных матрицах наполненных шлаком и амфиболитом.

Графики физико-прочностных показателей каркасных ДА цементных композитов на наполненных матрицах, построенные по математическим моделям, приведены на рис. 1–6.

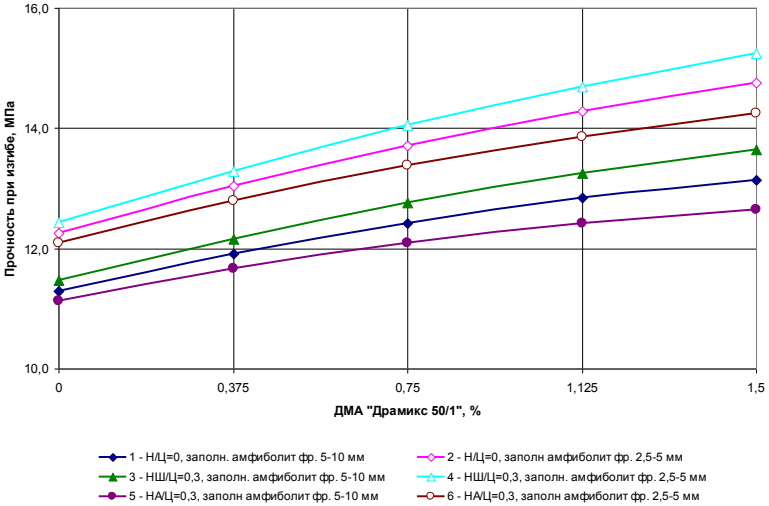


Рис. 1. Предел прочности при изгибе каркасных ДА композитов

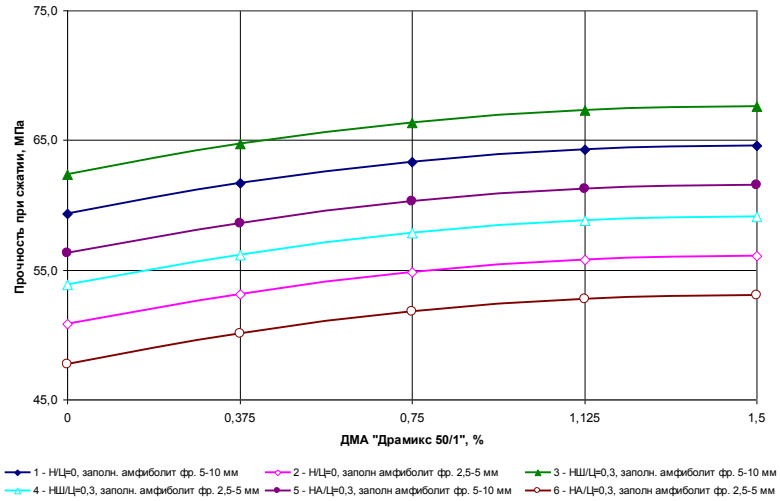


Рис. 2. Предел прочности при сжатии каркасных ДА композитов

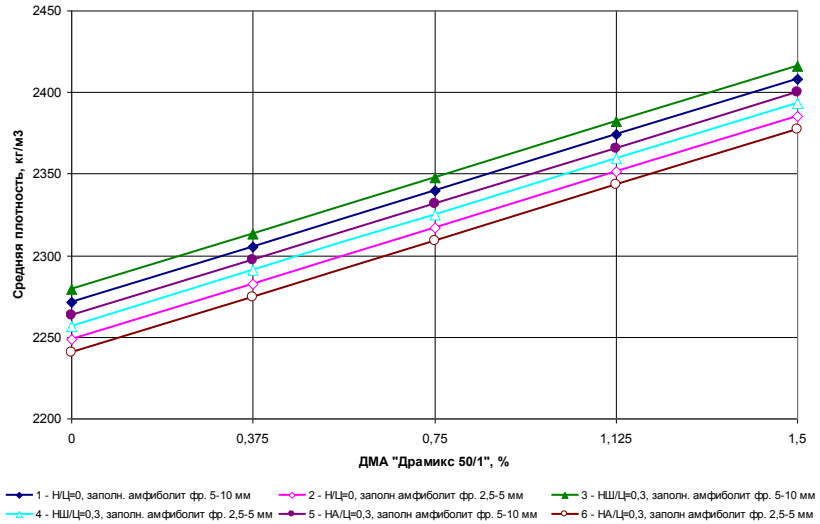


Рис. 3. Средняя плотность каркасных ДА композитов

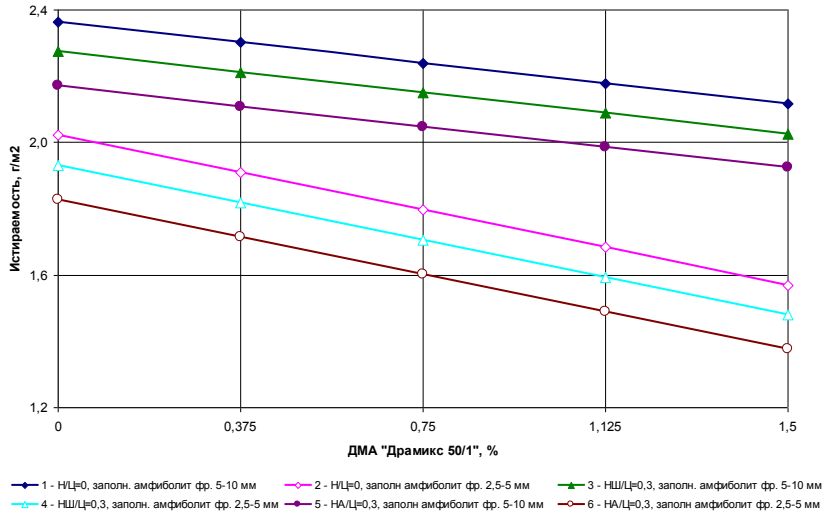


Рис. 4. Истираемость каркасных ДА композитов

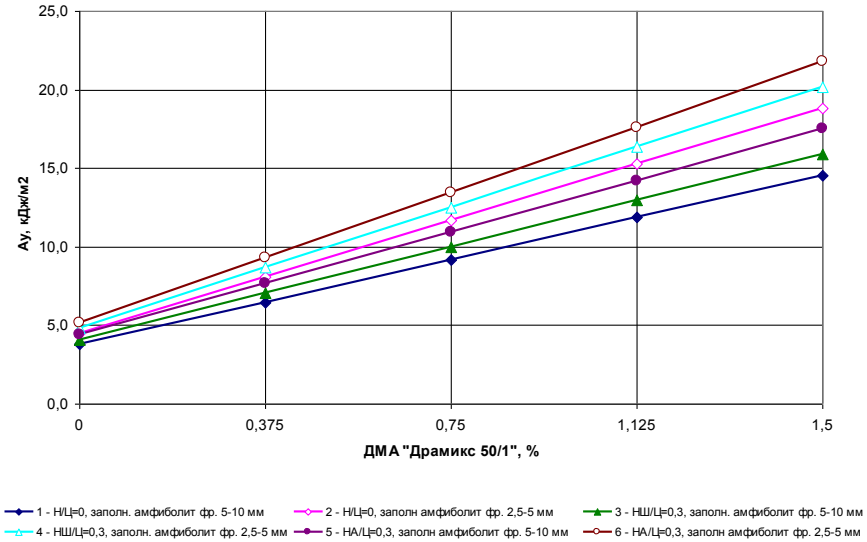


Рис. 5. Удельная ударная вязкость каркасных ДА композитов

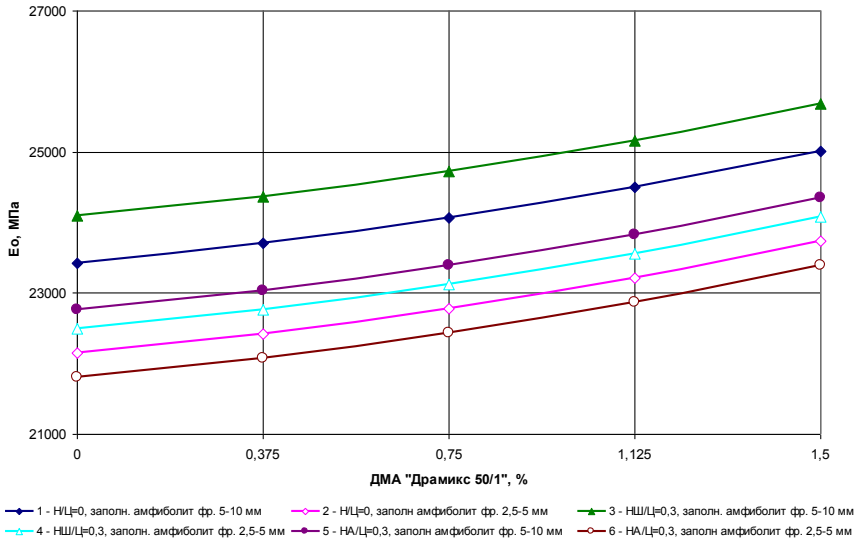


Рис. 6. Начальный модуль упругости каркасных ДА композитов

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

- введение в каркасные композиты ДМА «Драмикс 50/1» и наполнителей позволяет получать композиты с пределом прочности при изгибе 11,1…15,3 МПа, при сжатии 47,8…67,6 МПа, средней плотностью 2240…2420 кг/м^3, истираемостью 1,4…2,4 г/м^2, удельной ударной вязкостью 3,8…21,8 кДж/м^2, начальным модулем упругости 21800…25680 МПа;
- при содержании дисперсной металлической арматуры 1,5 % по объему прочность при изгибе и сжатии увеличивается соответственно на 14…23 % и 8…11 %, средняя плотность и начальный модуль упругости – на 6 % и 7 %, удельная ударная вязкость в 3,85…4,23 раза, истираемость снижается на 10…25 %, по сравнению с составами без ДМА;
- использование в качестве крупного заполнителя амфиболитового щебня фракции 5–10 мм увеличивает прочность композитов при сжатии, среднюю плотность, начальный модуль упругости, а уменьшение крупности фракции до 2,5–5 мм повышает прочность композитов при изгибе, удельную ударную вязкость, понижает истираемость;
- наполнение матричной композиции амфиболитом незначительно снижает прочность каркасных композитов при изгибе и сжатии, среднюю плотность, истираемость, начальный модуль упругости и повышает удельную ударную вязкость по сравнению композитами на ненаполненных матрицах;
- наполнение матриц шлаком улучшает все количественные характеристики композиций по сравнению с каркасными композитами на ненаполненных матрицах;
- применение наполненных цементных матриц позволяет создавать эффективные композиты с экономией вяжущего до 30 %, полученные физико-механические характеристики каркасных композитов армированных ДМА «Драмикс 50/1» позволяют использовать их в конструкциях дорожных покрытий и полов, подвергающихся интенсивным истирающим, ударным и силовым воздействиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каркасные строительные композиты: В 2 ч. Ч. 1. Структурообразование. Свойства. Технология / В. Т. Ерофеев, Н. И. Мищенко, В. П. Селяев, В. И. Соломатов; Под ред. Акад. РААСН В. И. Соломатова // Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1995. – 200 с.

2. Лихолетов О. Д., Мощанский Н. А., Путляев И. Е. Пофазное формирование структуры полимербетонов // Применение полимерных смол в бетонных и железобетонных конструкциях. – Вильнюс, 1971. – С. 113-115.

3. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 559 с.

Сердюкова А. А., начальник производственной лаборатории,
ОАО «Завод ЖБК-1»
Рахимбаев И. Ш., инженер,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ СХВАТЫВАНИЯ И ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЫ БЕТОНА

i_rahim@mail.ru

Быстросхватывающиеся бетонные смеси с ускоренным ростом прочности в первые часы и сутки твердения нужны при аварийных работах, а также строительных работах при низких температурах в осенне-зимний период года. К настоящему времени разработано множество составов бетонов со специальными добавками, твердеющих при низких температурах. Ввиду того, что до настоящего времени теория схватывания и твердения цементных систем разработана не до конца, механизм действия добавок – ускорителей схватывания и твердения слабо изучен. В данной статье рассмотрен механизм действия ускорителей схватывания и твердения цементной матрицы бетона.

Ключевые слова: *добавки – ускорители схватывания и твердения, цементная матрица бетона, механизм действия ускорителей схватывания и твердения, растворимость соединений.*

Быстросхватывающиеся бетонные смеси с ускоренным ростом прочности в первые часы и сутки твердения нужны при аварийных работах, а также строительных работах при низких температурах в осенне-зимний период года. К настоящему времени разработано множество составов бетонов со специальными добавками, твердеющих при низких температурах [1, 2].

Из неорганических ускорителей схватывания и твердения отметим $CaCl_2$, K_2CO_3, Na_2SO_4, NaS_2O_3, NaCNS, $AlCl_3$ и др. [3].

Из органических ускорителей схватывания следует упомянуть о триэтаноламине, моносахарах в повышенных дозировках [4]. Особенно сильными ускорителями схватывания портландцемента являются пирокатехин, пирогаллол, кверцетин, морин [3, 4].

Ввиду того, что до настоящего времени теория схватывания и твердения цементной матрицы бетона [5] разработана не до конца, механизм действия этих добавок слабо изучен.

В работе [6] показано, что адсорбция замедлителей схватывания на гидратирующихся частицах вяжущего происходит таким образом, что молекулы органических добавок ориентируются наружу в сторону жидкой фазы своими отрицательно заряженными функциональными группами.

У ускорителей схватывания при этом в сторону поровой жидкости направлены либо положительно заряженные функциональные группы, либо гидрофобные. Изложенное выше схематически изображено на рисунке 1.

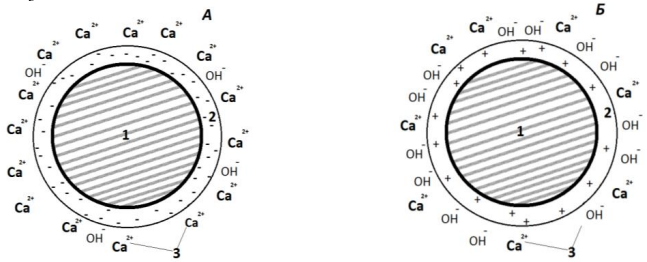


Рис. 1 Схема строения гидратирующихся на ранней стадии частиц вяжущего, покрытых пленкой гидратных новообразований:
1 – гидратирующаяся частица вяжущего, 2 – тонкая пленка гидратных новообразований, 3 – противоионы, создающие двойной электрический слой: А – отрицательно заряженная (замедлители схватывания), Б – положительно заряженная (ускорители схватывания) пленка гидратных новообразований

В работе [6] показано, что в первом случае, когда снаружи располагаются отрицательно заряженные функциональные группы модификатора, при достижении концентрации этих групп критической величины, они, из-за электростатического притяжения, тормозят отрыв положительно заряженных ионов кальция от отрицательно заряженной частицы и переход их в жидкую фазу. Это приводит к возникновению индукционного периода при гидратации портландцемента, когда взаимодействие с водой почти прекращается. Сходный механизм действия

имеет место и при использовании неорганических замедлителей схватывания, таких как гипс, фосфат и борат натрия. При этом, ***чем менее растворимо соединение аниона добавки с ионами Ca^{2+}, тем сильнее она замедляет схватывание цементного теста***.

Механизм действия ускорителей схватывания, по-видимому, несколько сложнее.

Органические добавки – ускорители схватывания, такие как триэтаноламин, пирокатехин и пирогаллол, по крайней мере, не блокируют выход ионов кальция и продуктов гидратации в жидкую фазу. Кроме того, эти добавки образуют высокорастворимые соединения с ионами входящих в клинкерные минералы компонентов [6]. Это приводит к тому, что пленка гидратных новообразований при вводе органических ускорителей схватывания в той или иной степени растворяется и перестает тормозить процесс гидратации.

При анализе механизма действия неорганических электролитов на гидратацию и схватывание цементного теста можно применить уравнение массопереноса:

$$dm/dt = D \cdot \frac{S}{L} \cdot (C_{Ca^{2+}\ пов.} - C_{Ca^{2+}\ ж.ф.}), \quad (1)$$

где *dm/dt* – скорость поступления ионов Ca^{2+} в жидкую фазу, кг/с; *D* – коэффициент диффузии ионов Ca^{2+}в жидкой фазе, $м^2/с$; *S* – поверхность пленки новообразований, $м^2$; *L* – толщина пристенного пограничного слоя, $м^2$; $C_{Ca^{2+}\ пов.}$- концентрация ионов Ca^{2+}в поверхностном слое гидратов, $кг/м^3$;$C_{Ca^{2+}\ ж.ф.}$- концентрация ионов Ca^{2+}в объеме жидкой фазы (поровой жидкости), $кг/м^3$.

Добавки неорганических электролитов оказывают двоякое влияние на разность концентраций ионов кальция у поверхности $C_{пов.}$ и в порах жидких гидратных новообразований $C_{ж.ф.}$.При вводе ускорителей схватывания, например поташа K_2CO_3, кальцинированной соды и т.п. величина $C_{Ca^{2+}\ ж.ф.}$ резко снижается, т.к. ионы кальция в ней осаждаются в виде очень слабо растворимого карбоната кальция:

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow \quad (2)$$

Благодаря этому при вводе $NaCO_3$ и K_2CO_3 разность концентраций ионов кальция в уравнении (1) резко возрастает, что ускоряет гидратацию всех клинкерных минералов и сокращает сроки схватывания.

Есть основание полагать, что при вводе солей, кальциевые соли которых обладают высокой растворимостью, имеет место обратный перенос анионов Cl^-, $S_2O_3^{2-}$, CNS^- и других из поровой жидкости бетонной смеси в сторону пленки гидратных новообразований, которые покрывают гидратирующиеся частицы вяжущего.

Такие добавки, как $CaCl_2$, NaCl и другие галогениды одно- и двухвалентных элементов, повышают растворимость содержащих кальций продуктов гидратации портландцемента. Если без ввода указанных добавок верхнее значение растворимости $Ca(OH)_2$ при температуре 20 °С составляет 1,6 г/л по $Ca(OH)_2$, то при наличии ионов хлора эта величина возрастает на полтора-два порядка и достигает десятков г/л.

В связи с этим «емкость» гидратной фазы по ионам кальция значительно увеличивается, что ослабляет «запорный» эффект последних в двойном электрическом слое гидратирующихся цементных частиц. Поэтому галогениды и нитраты натрия являются ускорителями схватывания цементных систем, но более слабыми, чем карбонаты.

Отдельные элементы изложенной схемы действия добавок на гидратацию портландцемента рассматривались и ранее [7, 8]. Однако при этом не были сформулированы следствия из изложенной выше рабочей гипотезы.

Известно. что сильные ускорители схватывания (карбонаты, гидроксиды K, Na и др.) снижают прочность цементного камня. При этом синтез гидратных новообразований происходит в условиях невысоких пересыщений по гидроксиду кальция, что препятствует формированию кристаллизационных связей между гидратными частицами, снижая прочность цементного камня.

Электролиты – ускорители твердения ($CaCl_2$, Na_2SO_4, $Na_2S_2O_3$) увеличивают концентрацию ионов Ca^{2+} в жидкой фазе цементных систем. При этом в условиях высокого пересыщения ионов, входящих в состав основного связующего цементного камня – гидросиликатов кальция – формируется максимальное количество связей между частицами. В связи с этим, чем выше растворимость кальциевой соли, тем сильнее она повышает прочность камня.

Рассматривая растворимость $CaCl_2$, $Ca(S_2O_3)_2$, $Ca(CNS)_2$, $CaSO_4$ легко убедиться, что в этом ряду слева направо она резко падает [9].

Японскими исследователями установлено, что эффективность натриевых солей неорганических кислот как ускорителей твердения цементной матрицы бетона падает в следующем порядке по убыванию этого показателя [9]: $Cl^- < S_2O_3^{2-} < CSN^- < SO_4^{2-}$, что подтверждает изложенную нами гипотезу. Из нее следует, что представляют интерес как ускорители твердения

цементобетона такие добавки, как уксуснокислый натрий, бромиды и йодиды одновалентных элементов и другие.

В последние годы, в связи с отрицательным действием ионов хлора на стойкость арматуры, $CaCl_2$ и NaCl практически не используются. В связи с этим актуальна проблема поиска новых химических добавок, в том числе неорганических электролитов, не содержащих ионов хлора.

К числу добавок, отрицательно действующих на пассивирующее свойство бетона по отношению к стальной арматуре, на коррозионную стойкость бетонов, эксплуатируемых в условиях влажного и мокрого климата, бетонов, подвергающихся электрокоррозии, на коррозионную стойкость инъекционных растворов и растворов для замоноличивания швов и стыков железобетонных конструкций, следует отнести роданид и тиосульфат натрия, так как они содержат в своем составе серу, способную вступать во взаимодействие с железом с образованием сульфидов FeSn, где n = 1-2.

В настоящее время не делается различий между ускорителями твердения, применимыми при пониженных температурах, в нормальных условиях и при термообработке, хотя, по-видимому, при изменении температурных условий эффективность добавок меняется поразному. Те добавки, растворимость кальциевых солей которых мало зависит от температуры, практически одинаково эффективны как при отрицательных температурах, так и при термообработке бетона. К их числу можно отнести NaCl. Растворимость сульфата кальция с повышением температуры падает, так что эффективность гипса при повышении температуры не возрастает.

Для оценки влияния низких положительных и отрицательных температур на эффективность ускорения сроков схватывания и твердения цементобетонов возможно использовать криоскопические константы неорганических соединений. К сожалению, в современной справочной литературе недостаточно данных о них, что в большинстве случаев не позволяет производить обоснованный прогноз влияния температуры на сроки схватывания и твердения цементных систем.

Тем не менее, в справочной литературе имеются отдельные сведения, на основе которых можно прогнозировать влияние температур на ускорение твердения цементных систем.

Бромиды и йодиды кальция и натрия существенно эффективнее хлоридов при температуре 0 °С, а с повышением температуры их преимущество растет.

Схожие прогнозы на основе изложенных теоретических представлений возможны и по другим аспектам применения химических добавок – электролитов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология и методы зимнего монолитного и приобъектного бетонирования / Э.И. Батяновский, Н.М. Голубев, В.В. Бабицкий, М.Ф. Марковский. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 232 с. – ISBN 978-5-93093-620-9

2. Миронов С. А. Теория и методы зимнего бетонирования. 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1975. - 700 с. – М 30209-678/047 (01) -75

3. Рахимбаев, Ш.М. Регулирование технологических свойств тампонажных растворов - Ташкент: Фан, 1976. - 159 с.

4. Рахимбаев Ш.М., Баш С.М. К вопросу о влиянии органических веществ на срок схватывания портландцемента // ЖПХ. М. – 1968. - №12. - С. 43-51.

5. Лесовик, В.С. Геоника / В.С. Лесовик. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 213 с.

6. Рахимбаев, Ш.М. О природе индукционного периода при гидратации вяжущих веществ // Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений. Междунар. конф., Белгород, 4 мая 1997 г. / Белгородская гос. технол. академия строительных материалов. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1997. - С. 7-9.

7. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон: справочное пособие - М.: Стройиздат, 1973. - 205 с. – ISBN 5-274-00208-0

8. Батраков, В.Г. Модификаторы бетона. Новые возможности // Материалы I Всероссийской конференции по бетону и железобетону. – М.: 2001. – С. 184-187.

9. Чулкова И.Л. Повышение эффективности строительных компонентов с использованием техногенного сырья регулированием процессов структурообразования: дис. д-р техн. наук : 05.23.05 / Чулкова Ирина Львовна. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. - 322 с. – 05201150652

Шумаков И. В., канд. техн. наук, проф.,
Обухов В. В., аспирант
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА УСТРОЙСТВА ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ: АСПЕКТ КАЧЕСТВА РАБОТ

shumakov.hisi@gmail.com

В статье проанализированы, обследованы и классифицированы повреждения и дефекты дренажных систем зданий, выявленные на разных этапах устройства дренажа.

Рассмотрены аспекты контроля качества работ и указаны профилактические организационно-технические мероприятия.

Ключевые слова: *дренажные системы, дефекты, кольматация, барражный эффект, фильтрующий материал, суффозия, фракция.*

Основным профилактическим и защитным мероприятием по инженерной защите зданий и сооружений от подтопления является устройство дренажной системы, эффективность которой зависит от надежной работы всех его элементов.

Исследования проблем подтопления в Харьковском регионе за последние 25-30 лет свидетельствуют о том, что процессы подтопления территорий имеют необратимый характер и динамично прогрессируют [1].

Большинство причин этих процессов связано с неблагоприятными техногенными воздействиями на подземную гидросферу, среди которых:

– зарегулированность рек и ручьев, приводящая к снижению скорости стока, кольматации и уменьшению дренирующей способности русла;

– барражный эффект, вызывающий локальное поднятие грунтовых вод;

– нарушение поверхностного стока;

– потери из водопроводных и канализационных сетей;

– образование конденсата в зоне аэрации за счет асфальтных покрытий и увеличения площади застройки;

– нерегулируемые поливы газонов и приусадебных участков, увеличивающие инфильтрационное питание грунтовых вод;

– нарушение баланса городского водоотведения и водопотребления.

Процесс подтопления является комплексным, поэтому к последствиям природно-техногенного характера следует добавить отказ работы дренажных систем по причине возникновения различных дефектов и повреждений, появившихся на разных этапах их жизненного цикла.

В инженерной практике доминируют повреждения и дефекты горизонтальных дренажных систем зданий, причины которых можно классифицировать. Уменьшить вероятность их возникновения позволяют запланированные организационно-технологические мероприятия (табл. 1).

Недостаточен также уровень организационно-технической подготовки процессов устройства дренажей. Организационные и технологические решения проекта производства работ (ППР) не всегда базируются на современных методах выполнения работ, причем основные технологические операции, использование машин, механизмов и трудовых ресурсов зачастую не оптимизируются. Необходимо отметить, что отсутствие или формальное выполнение функций входного, операционного и приемочного контроля оказывает дестабилизирующее воздействие на культуру производства, соблюдение технологии и проектных решений при выполнении работ по устройству дренажа.

Рассмотрим подробнее ряд дефектов дренажных систем, возникающих во время возведения зданий и сооружений.

Некоторые повреждения дренажа возникают в результате аварийных ситуаций при проведении земляных работ. Устойчивость откосов котлована – весьма типичная проблема, особенно, если они почти вертикальны и не закреплены. Примером может служить обрушение откосов котлована глубиной 5 м при устройстве гравийной постели пластового дренажа на одном из строящихся объектов Харькова (рис. 1). В результате этого произошло засорение грунтом фильтрующего гравийного материала. Основной причиной аварийной ситуации послужило нарушение требований нормативов безопасного производства работ, при котором рекомендованная максимальная крутизна откоса в глинистых необводненных грунтах не более 63˚[3, 4].

Таблица 1

Классификация дефектов, нарушающих функционирование горизонтального дренажа и основные профилактические мероприятия

Группа причин	Основные дефекты	Профилактические мероприятия
Ошибки проектирования	– недостаточный объем опытных и изыскательских работ; – ошибки при выполнении камеральных работ; – ошибки в расчетах, выборе конструкций дренажа, фильтрующих материалов, схем дренирования; – несоблюдения строительных норм и стандартов	– проведение дополнительных изысканий и расчетов; – применение более эффективных материалов в конструкциях дренажа; – применение сведений об эксплуатируемых зданиях, расположенных поблизости; – прогнозные расчеты; – экспертиза проекта
Строительные дефекты	– засорение фильтрующего материала; – несоответствие фракции и низкое качество фильтрующего материала; – несоблюдение геометрических параметров фильтрующей обсыпки; – заводские дефекты дренажных элементов; – механические повреждения элементов дренажа; – низкое качество и дефекты заделки стыков, герметизации соединений; – несоблюдение проектных решений и проектных уклонов; – несоответствие грунта обратной засыпки	– разработка ППР и технологических карт; – входной контроль материалов и элементов конструкций дренажной системы; – соблюдение технологического регламента устройства дренажной системы; – авторский и технический надзор; – осмотр дренажной системы перед сдачей в эксплуатацию; – устранение выявленных дефектов и неисправностей
Неправильная эксплуатация	– несоблюдение правил эксплуатации сооружений инженерной защиты [2]; – отсутствие планово-предупредительных ремонтов	– технический осмотр дренажной системы не реже одного раза в месяц [2]; – внутренний осмотр дренажей и насосных станций не реже двух раз в год [2]; – очистка и промывка труб, колодцев не реже одного раза в месяц [2]; – утепление выпусков и колодцев на зимний период; – наблюдение за работой дренажной системы, включая замеры притоков воды и наличия наслоений; – текущий и капитальный ремонт дренажной системы
Естественные причины	– изменение гидрогеологической ситуации территории дренирования; – разрушение дрен и образование обратных уклонов при просадках грунта; – снижение проницаемости при уплотнении грунта; – проникновение корневых тканей в дрену; – химическая коррозия; – естественный износ элементов дренажной системы	

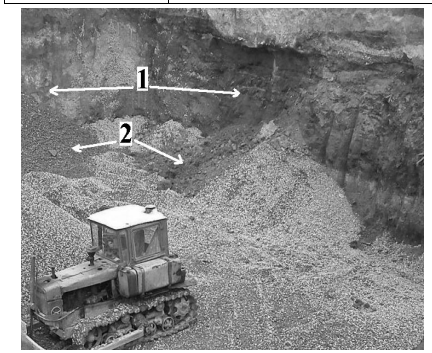


Рис. 1. Засорение фильтрующего материала грунтом: *1* – обрушение откоса; *2* – смешивание глинистого грунта с щебнем

Данный дефект устраняется обязательными мероприятиями: выемкой уложенного, в т.ч., засоренного грунтом гравийного материала по периметру котлована на расстоянии 2÷2,5 м от подошвы откоса, проведением работ по уменьшению крутизны откоса, промывкой засоренного щебня и обратной его укладкой.

Некоторые дефекты пристенного дренажа связаны с использованием строительного мусора в качестве обратной засыпки, который способствует засорению и кольматации фильтрующей обсыпки (рис. 2).

Как известно, обсыпка, используемая в конструкциях дренажей, осуществляет захват (каптаж) подземных вод и относится к основным элементам горизонтального дренажа. Состав песчано-гравийных фильтрующих обсы-

пок следует обоснованно подбирать, чтобы исключить суффозию и кольматаж системы. Для надежного функционирования дренажа гравийный материал для дренажной обсыпки должен состоять из продуктов дробления изверженных пород, особо прочных кремнистых известняков, хорошо сцементированных песчаников с удельным весом не менее 20 кН/м^3 (2 т/м^3) и временным сопротивлением сжатию не менее 60 МПа, нерастворимым в воде. При этом применяемые частицы игловатой и плитчатой формы будут снижать показатели долговечности дренажа. В качестве песчаного материала обоснованно применяется природный песок с коэффициентом фильтрации не менее 5м/сут [5].

Рис. 2. Устройство обратной засыпки пристенного дренажа с использованием строительного мусора

Часто возникают эксплуатационные нарушения дренажа, при которых в качестве гравийного материала обсыпки был использован слабопрочный известняковый щебень с пределом прочности >40 МПа, который под действием внешней среды подвергается химическому и механическому разрушению (рис. 3, *а*).

Качество фильтрующих материалов, их функциональные характеристики зависят от процесса их заготовки. Необходимость произвести сортировку в соответствии с проектным гранулометрическим составом всегда является актуальной задачей. Процесс сортировки выполняется на строительном участке при помощи переносных и стационарных сортировок и грохотов, рабочей поверхностью которой выступают сита или решета. Подбор обсыпок требует учитывать максимальную однородность состава. Для предотвращения суффозионного выноса частиц грунта соотношение значений средних диаметров частиц прилегающего к грунту слоя обсыпки и самого грунта определяется значением структурного коэффициента, который характеризуется формулой [6]:

$$C = \frac{D_{50}}{d_{50}}, \qquad (1)$$

где C – структурный коэффициент (отношение размеров зерен обсыпки к размерам водоносного грунта); D_{50} – среднее значение диаметра частиц (мм), меньше которого содержится в обсыпке *50* % частиц по весу; d_{50} – среднее значение диаметра частиц (мм), меньше которого содержится в грунте *50* % частиц по весу.

а *б* *в*

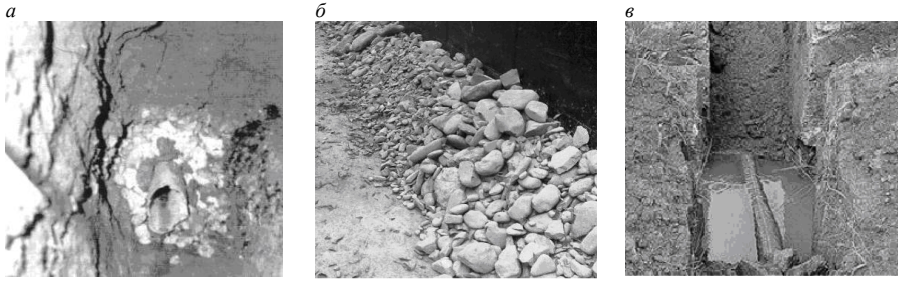


Рис. 3. Организационно-технологические нарушения при устройстве дренажной обсыпки:
а – известняковый щебень в качестве фильтрующего материала [8]; *б* – фракция гравия 5÷90 не соответствует проектной 5÷10; *в* – отсутствие водопонижения при укладке дренажа в водонасыщенных малосвязных грунтах

Коэффициент неоднородности материала обсыпки должен быть в пределах 5÷10.

Установлено, что толщина слоя обсыпки в лабораторных условиях может быть ограничена 35 мм, при этом рекомендуемая толщина для производства от 100 до 150 мм [6]. При устройстве обсыпки профиль измеряется шаблоном, тем не менее, довольно распространена ситуация, при которой размеры и профиль не выдерживаются.

В практике строительства для внутреннего слоя обсыпок используют щебень с крупностью фракций 3÷10 мм, внешнего слоя и песчаных призм – песок с коэффициентом фильтрации не меньше 5 м/сут [7]. В пластовом дренаже используют щебень с крупностью фракций

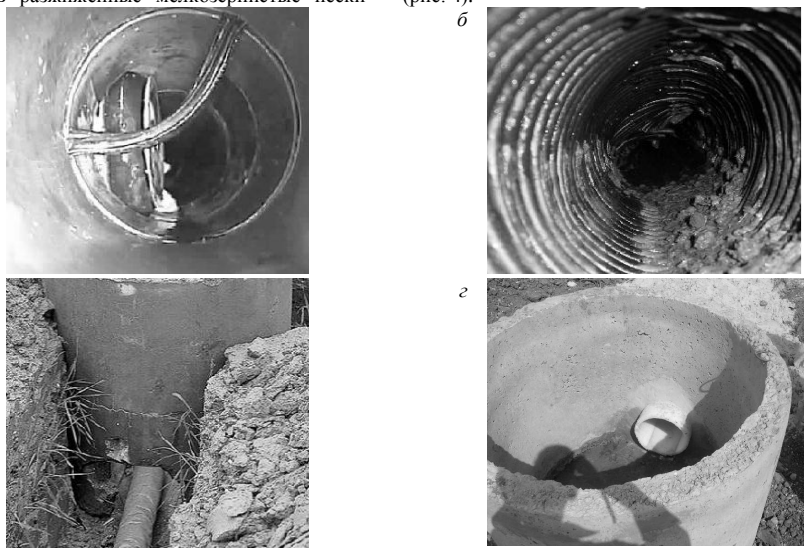
3÷20 мм (коэффициент неоднородности – не больше 5), а также среднезернистый и крупнозернистый песок.

Обсыпка из разнородного материала (рис. 3, *б*), выполненная с проектными нарушениями в большей степени подвержена кольматажу и имеет низкую водопроницаемость.

Как показали исследования, укладка дренажа с фильтрами из нетканого геотекстиля в разжиженные малосвязные и связные грунты, а также в разжиженные мелкозернистые пески при отсутствии водопонижения приводит к механической кольматации частицами грунта фильтра, в результате чего происходит снижение коэффициента фильтрации (рис. 3, *в*).

При обследовании горизонтальных дренажей на различных этапах строительства выявлены дефекты дренажных труб и колодцев, связанные с нарушениями при входном контроле, транспортировке, складировании, технологии монтажа и несоблюдении проектных решений (рис. 4).

а *б*



в *г*

Рис. 4. Нарушения при монтаже дренажных труб и смотрового колодца:
а – некачественная сборка дренажных труб в плеть; *б* – механические повреждения дренажной трубы; *в* – нарушение целостности и герметичности элементов смотрового колодца; *г* – отсутствие гидроизоляционной защиты от коррозионных процессов смотрового бетонного колодца

Один из естественных факторов, влияющих на нарушение гидравлического режима в дренах, связан с проникновением корневых тканей в полость дрены (рис. 5).

Рис. 5. Засорение дренажной трубы корневыми тканями

В засушливый период это вызвано относительно высокой влажностью почвы вблизи дрен, а во время влажного периода – наличием воды в трубопроводе. В этом случае применение трубофильтров из полимерно-волокнистых материалов (ПВМ) исключает возможность возникновения такого дефекта [9].

Дефекты горизонтального дренажа и причины нарушения дренажного стока определяют во время наружного и внутреннего осмотра [6,8].

Дренажный трубопровод осматривается визуально, с помощью лампы и зеркала (упрощенный метод); если ситуация осложнена – возможно применение средств видеодиагностики (телеинспекции) (рис. 6).

Телеинспекционный метод более эффективен, он позволяет обнаружить небольшие трещины, деформацию, засорение, определить точ-

ное местоположение, характер дефекта и состояние трубопровода вокруг дефекта для принятия решения о локальном ремонте, профилактике или замене участка трубопровода. Применение этого метода целесообразно при осуществлении организационно-технологических мероприятий по контролю качества монтажа дренажных систем, а также во время их эксплуатации.

Рис. 6. Общий вид оборудования видеодиагностики и изображение состояния трубопровода на экране монитора

Выводы:

Установлено, что эффективность работы дренажа во многом зависит от организационно-технологических решений, способствующих повышению качества работ. Вопросы организационно-технологической подготовки процессов производства дренажных работ должны быть комплексными, входить специальным разделом в проект производства работ и выполняться на основе разработанных технологических карт или технологических регламентов.

В результате исследований классифицированы наиболее характерные дефекты дренажей, возникающие на разных стадиях подготовки, строительства и эксплуатации.

Предложен комплекс профилактических мероприятий, направленных на предотвращение появления дефектных ситуаций и увеличение долговечности функционирования дренажных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подтопление в населенных пунктах Харьковской области / Г. Г. Стрижельчик, Ю. П. Соколов, И. А. Гольдфельд и др.; под ред. В. Я. Шевчук. – Х., 2003. – 160 с.

2. Правила експлуатації споруд інженерного захисту територій населених пунктів від підтоплення: затвердженно наказом Мінрегіонбуд України №23 від 16.01.2012 / Офіційний вісник України. – Київ: ДП "Українська правова інформація", 2012 . – № 13. – С. 117.

3. ДБН А.3.2-2-2009. Охрана труда и промышленная безопасность в строительстве. Основные положення: ДБН А.3.2-2-2009. – Введ. с 01.04.2012. – Киев: Минрегионстрой Украины, 2012. – 135 с.

4. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты: СНиП 3.02.01-87. – Введ. с 01.07.88. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 124 с. – ISBN 5 -88111-112-5.

5. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве / С. К. Абрамов: Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 280 с.

6. Дренаж промышленных площадок и городских территорий / С. К. Абрамов, Л. Р. Найфельд, О. Б. Скиргелло; ред. С. К. Абрамов. – М.: Гос. изд-во лит. по стр-ву и архитектуре, 1954. – 426 с.

7. Клиорина Г. И. Дренаж территории настройки / Г.И. Клиорина. – СПб.: СПбГАСУ, 2006. – 207 с.: ил. – ISBN 5-9227-0053-7.

8. Хильмер Клаус. Повреждение подземных конструкций: пер. с нем. / Клаус Хильмер; под общ. ред. А. И. Маркова. – Запорожье: ООО «ВПО Запоріжжя», ООО «Настрой», 2009. – 408 с. – ISBN 978-966-7732-76-9.

9. Шумаков И. В. Анализ решений по применению полимерных материалов для дренажных систем зданий / И. В. Шумаков, В. В. Обухов // Науковий вісник будівництва. - 2012. – Вип. 70. – ХНУБА. - С. 160-168.

Логанина В. И., д-р техн. наук, проф.,
Акжигитова Э. Р., аспирант
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПЕНЗЕНСКОГО РЕГИОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

loganin@mail.ru

В статье приведены сведения о возможности повышения прочности и водостойкости известковых композитов введением в рецептуру в качестве активной минеральной добавки недообожженной глины. Показано ускорение отверждения и увеличение на 28% прочности при сжатие.

***Ключевые слова**: известь, глина, обжиг, декоративный наполнитель, прочность.*

Для реставрации зданий и сооружений исторической застройки широкое применение нашли отделочные составы на основе воздушной извести [1]. Однако вопросы обеспечения прочности и водостойкости покрытий на основе известковых составов до настоящего времени остаются актуальными. При создании сухих строительных смесей (ССС), используемых для реставрации зданий и сооружений для повышения водостойкости предлагается введение в рецептуру модифицирующих добавок. Учитывая, что в основном модифицирующие добавки поставляются из-за рубежа, что делает производство ССС зависимым от поставок, нами при разработке известкового состава ССС уделено внимание применению активных минеральных добавок, в частности, обожженной глине.

На территории Пензенской области имеются значительные запасы цветных песок и охристых глин. Цветные пески представлены Нижне-Аблязовским месторождением, охристые глины – Воробьевским месторождением.

Пески Нижне-Аблязовского месторождения предлагается использовать в качестве декоративного наполнителя для ССС. Пески представляют собой мелкозернистую смесь песка и глины, имеющую красно-коричневый цвет. Содержание пигмента в песке составляет 97 кг/м^3. Химический состав песков характеризуется следующим соотношением основных компонентов (в %): SiO_2 – 89,34-95,48; Al_2O_3 – 2,45-5,06; Fe_2O_3 – 0,40-4,72; TiO_2 – 0,28-0,34; CaO – 0,65-1,4; MgO – 0,18-0,32; H_2O – 0,11-0,39; п.п.п. – 0,32-1,10. Запасы песков составляют 82 тыс.т.

Основная задача в оптимизации гранулометрического состава состояла в подборе соотношений между основными фракциями мелкозернистого песка. Выбор того или иного соотношения между фракциями песка зависела от значения насыпной плотности.

На рис. 1 представлен график изменения насыпной плотности при различном сочетании двух фракций песка Нижне-Аблязовского месторождения. Установлено, что песок Нижне-Аблязовского месторождения при соотношении фракций 0,63-0,315:0,315-0,16 соответственно 70:30 % обладает наибольшей насыпной плотностью, составляющей 1410,9 кг/м^3. Учитывая, что содержание фракции 0,63-0,315 составляет всего лишь 0,8 %, принято решение о применении песка фракции 0,63-0,16 и насыпной плотностью 1304,7 кг/м^3.

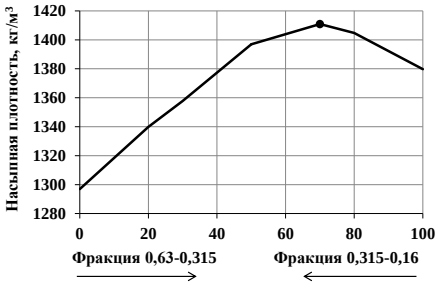


Рис.1. Зависимость изменения насыпной плотности песка Нижне-Аблязовского месторождения от соотношения фракций 0,63-0,315:0,315-0,16

Запасы охристых глин Воробьевского месторождения составляют в количестве 429 тыс. т. Глина характеризуется следующим химическим составом (в %): SiO_2 -70,28 - 75,24; $A1_2O_3$ - 10,70 - 12,43; Fe_2O_3 - 6,57 - 8,21; п.п.п. - 4,91 - 10,53. По гранулометрическому составу (табл.1) сырье характеризуется наличием глинистых фракций в количестве 51-65 %, пылеватых – свыше 34 %.

Таблица 1

Гранулометрический состав

Размер фракций	0,05-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-10	10-20	20-50	50-100
Содержание,%	6,4	11,69	9,83	6,96	5,4	23,28	25,2	9,73	1,52

Анализ химического состава глины Воробьевского месторождения свидетельствует о перспективности разработки минеральной добавки, сочетающей в себе также свойства пигмента.

Для повышения прочности покрытий на основе известковых ССС предлагается применять в качестве активной минеральной добавки охристую глину Воробьевского месторождения, обожженную при температуре 500 °С. На рис. 2 приведены результаты исследований кинетики набора пластической прочности известковых составов с добавкой глины Воробьевского месторождения. Для исследования готовились составы с водоизвестковым соотношением В/И, равным В/И=1,77 при соотношении известь:песок Нижне-Аблязовского месторождения = 1 : 4.

Установлено, что известковые составы с добавкой глины, обожженной при температуре 500°С, характеризуются более интенсивным набором пластической прочности. В возрасте 67 часов с момента затворения значение пластической прочности составило 64 кПа, в то время как составов с добавкой глины, обожженной при температуре 600 °С,- 54,4 кПа.

На наш взгляд, глина, обожженная при температуре 500 °С, проявляет более активное взаимодействие с известью. На термограмме (рис. 3) зафиксирован эндотермический эффект в интервале температур 138,2 °С, связанный с удалением свободной воды. Эндоэффект в интервале температур (350-728) °С связан с удалением конституционной воды. При температуре 500°С потеря массы составляет 3,25%. Образующееся при обжиге глины при температуре 500 °С соединение $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot H_2O$ придает ей более высокую реакционную активность к извести. При температуре 600°С потеря массы составляет 3,75 %. В глине присутствует 5,81 % связанной воды, удаляющейся до температуры 800 °С.

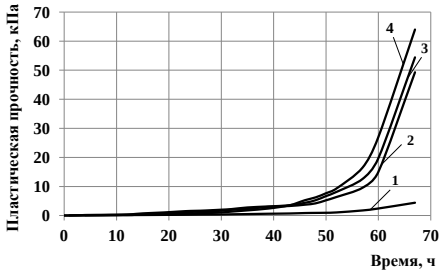


Рис. 2. Изменение пластической прочности по времени:
1 – контрольный состав (без добавки); 2 –содержание глины 20% от массы извести (без обжига); 3 – содержание глины 20% от массы извести (глина обожжена при температуре 600 °С; 4 - содержание глины 20% от массы извести (глина обожжена при температуре 500 °С)

При анализе рентгенограммы контрольного известково-песчаного состава, приведенной на рис. 4, *а*, идентифицированы следующие соединения: кварц (4,2986 Å; 3,3609 Å; 3,3324 Å; 2,2884 Å; 1,5439 Å), портландит (4,9536 Å; 1,9376 Å; 1,9305Å), кальцит (3,0463 Å; 2,2981 Å; 2,1026 Å; 1,9162 Å; 1,8821 Å; 1,8754 Å), а также цеолиты (2,6336 Å;2,5057 Å; 1,3834 Å).

На рентгенограмме известково-песчаных образцов с применением Воробьевской глины, обожженной при температуре 600°С, помимо перечисленных выше и указанных на рис. 4, *а* соединений, дополнительно идентифицируются линии, относящиеся к гидроалюмосиликатам кальция $Ca_6Al_{12}Si_{12}O_{48} \cdot 28\ H_2O$ (7,1073 Å; 2,6168 Å; 2,4943 Å; 2,4520 Å) (рис.4, *б*).

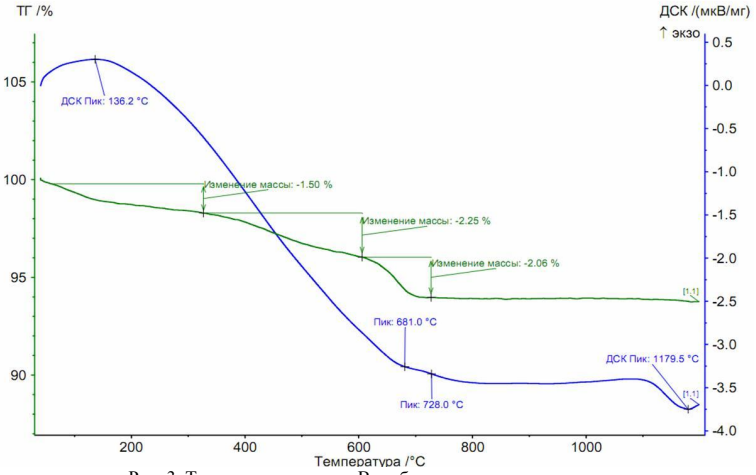


Рис. 3. Термограмма глины Воробьевского месторождения

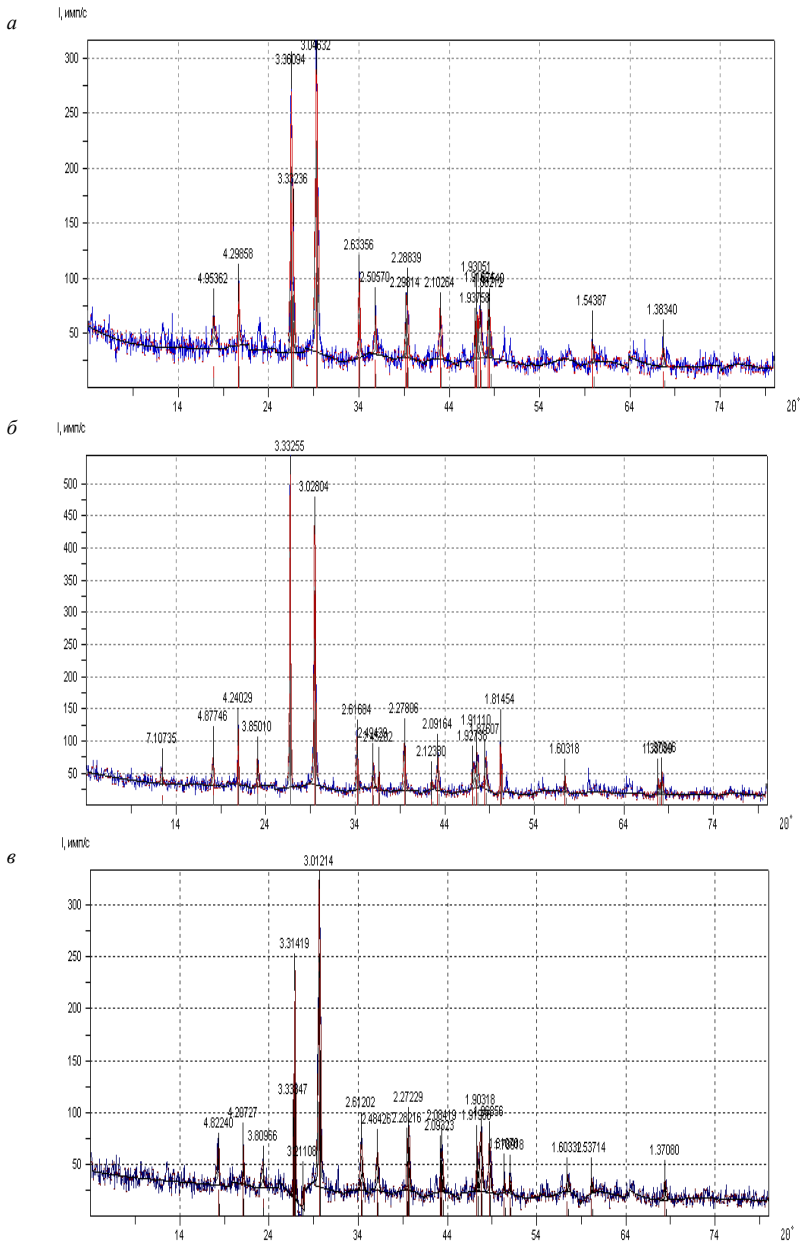


Рис. 4. Рентгенограммы известково-песчаных составов:
а – контрольный состав (без добавки); *б* – содержание глины 20 % от массы извести (глина обожжена при температуре 600 °С); *в* – содержание глины 20 % от массы извести (глина обожжена при температуре 500 °С).

Анализ рентгенограммы известково-песчаного образца с добавкой 20 % глины, обожженной при температуре 500 °С, приведенной на рис.4, в, свидетельствует о большем содержании ($Ca_6Al_{12}Si_{12}O_{48}\cdot 28\ H_2O$). Интенсивность линий(2,6120 Å; 2,4843 Å; 2,0932 Å; 2,0842 Å), относящихся к цеолитам, выше.

Большее содержание цеолитов в структуре образца с глиной, обожженной при температуре 500 °С, обеспечивает большую прочность образцов. Результаты испытаний показали, что введение в рецептуру 20 % глины, обожженной при температуре 500 °С, способствует повышению прочности при сжатии образцов в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения на 28 % по сравнению с образцами, изготовленными с добавкой 20 % глины, обожженной при температуре 600 °С.

Таким образом, применение минерально-сырьевых ресурсов Пензенского региона при разработке состава известковых ССС, используя рецептурно-технологические факторы, позволит получить качественные смеси и снизить затраты на их изготовление.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Шангина Н. Н., Харитонов А. М. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектур / Сухие строительные смеси. 2011, №4,с.16-19

Клюев С. В., канд. техн. наук, доц., докторант,
Авилова Е. Н., соискатель
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

БЕТОН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ СЛАНЦЕВОГО ЩЕБНЯ*

Klyuyev@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы применения сланцевого щебня для оснований автомобильных дорог. Разработаны бетоны на основе сланцевого щебня и композиционных вяжущих для дорожного строительства.

Ключевые слова: *бетон, техногенный песок, сланцевый щебень, композиционное вяжущее.*

Реализация приоритетных национальных проектов подразумевает новый этап в развитии и становлении дорожной сети России. Он характеризуется переходом на создание сложных композитных конструкций дорожных одежд полифункционального значения, которые обеспечивают повышенную комфортность, долговечность и высокие транспортно-эксплуатационные свойства автомобильных дорог. Такой качественный скачок возможен за счет реализации концепции перехода на строительство укрепленных конструкций дорожных одежд. Снижение материалоемкости и себестоимости строительства подобных, безусловно, дорогих инженерных сооружений, до уровня традиционных конструкций возможно за счет применения местных сырьевых ресурсов и, в первую очередь, техногенного сырья [1–7]. Об этом свидетельствует структура себестоимости строительства автомобильных дорог, где стоимость строительных материалов составляет около 20 %. В то же время на территории многих регионов Российской Федерации ощущается дефицит щебня

Это предопределяет необходимость широкого использования для строительства, как оснований, так и покрытий автомобильных дорог мелкозернистых бетонов (МЗБ) с использованием местного сырья и отходов промышленности. Недостатком применения тонкодисперсных песков является вынужденный перерасход вяжущего. Для снижения самого дорогостоящего компонента бетонной смеси – цемента – актуальной является разработка композиционных вяжущих веществ, обладающих повышенной активностью.

Применение мелкозернистого бетона на основе ВНВ, ТМЦ и техногенных песков для устройства укрепленных оснований позволит не только исключить дорогостоящий щебень, вследствие чего снизится материалоемкость дорожных одежд, но и в значительной степени улучшить экологическую обстановку, благодаря утилизации отходов, сотни миллионов тонн которых скопились в отвалах и хвостохранилищах горно–добывающих и горно–обогатительных комбинатов РФ [8–11].

В связи с этим целью данной работы явилась разработка эффективных бетонов на основе сланцевого щебня и композиционных вяжущих для дорожного строительства.

В данной работе исследовалась возможность получения бетона для строительства оснований автомобильных дорог на основе щебня из метаморфических сланцев Старооскольского железорудного бассейна КМА [12, 13].

Для изготовления бетонов применяются многие попутно добываемые породы Курской магнитной аномалии, такие как кварцитопесчаники, малорудные кварциты, амфиболиты и сланцы. Ценным сырьем для получения заполнителя для дорожных бетонов являются метаморфические сланцы, представляющие собой микрозернистые породы от темно-серого до черного цвета, с шелковистым блеском плоскости раскола, сланцеватой, иногда микроплойчатой или линзовидно-полосчатой текстуры. Второстепенные минералы состоят из кварца, биотита и серицита. Рудные минералы – пирит и магнетит. В зоне выветривания по хлориту развивается биотит, сульфидам – гидроокислы железа. Основным породообразующим минералом является кварц (табл. 1).

Таблица 1

Минеральный состав, масс. %

Наименование породы	Содержание минералов, масс. %						
	кварц	слюда	серпентин	Полевой шпат	кальцит	Пироксенмагнетит, гематит	доломит
Кристаллический сланец	До 65	35-40	-	-	-	-	-

По данным химического и гранулометрического анализа содержание кварца составляет 73,4-95 %. Поскольку сланцы – это метаморфизированная твердая порода, при дроблении которой в мелкую фракцию переходят минералы, содержащие кремнезем, а оксиды железа и другие компоненты остаются в более грубодисперсном отсеве, то при измельчении сланцев тонкодисперсная фракция отсева обогащается кремнеземом (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав сланцев

Содержание оксидов, масс. %											
Наименование породы	SiO_2	AL_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	п.п.п.
сланец	63,13	14,9	0,67	1,59	5,23	0,68	3,24	0,32	4,45	1,07	4,47

Анализ сырьевых ресурсов КМА показал, что возможно использование в качестве заполнителя для дорожного бетона кристаллических сланцев Старооскольского железорудного бассейна КМА (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика сырьевых ресурсов КМА

Характеристики щебня	Образец щебня		
	Кварцито-песчанник	Сланцевый щебень	Гранит
Зерновой состав по фракциям 200 мм 135 мм 70 мм	 15,6 62,5 21,3	 9,8 58,2 92,4	 3,2 49,8 46,7
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,6	0,85	0,3
Содержание глины в комках,%	-	-	-
Содержание зерен слабых пород, %		5	3
Зерна лещадной формы, %	35	44,1	11
Марка по механической прочности	1200	800	1200
Морозостойкость	200	200	200
Насыпная плотность, кг/м^3	1390	1350	1380
Марка по истираемости	И1	И1	И1

Основной задачей при получении бетонов является снижение расхода клинкерной составляющей, т.к. идет перерасход цемента. Наиболее существенными факторами снижения содержания цемента в бетонах является уменьшение водопотребности бетонной смеси и повышение активности вяжущего. И поэтому с этой точки зрения перспективным направлением повышения эффективности бетона является применение композиционных вяжущих.

Вяжущее низкой водопотребности – ВНВ-50 на основе отходов мокрой магнитной сепарации получали путем совместного помола до удельной поверхности 500 м²/кг портландцемента и пластифицирующей добавки СП-1 в оптимальной дозировке + отходы мокрой магнитной сепарации (отходы ММС).

Вяжущее низкой водопотребности – ВНВ-50 на основе отсева дробления кварцитопесчаника получали путем совместного помола до удельной поверхности 500 м²/кг портландцемента и пластифицирующей добавки СП-1 в оптимальной дозировке + отсев дробления кварцитопесчаника (отсев КВП).

Были определены основные характеристики разработанных вяжущих (табл. 4). Как видно из результатов исследований, вяжущее ВНВ-50 на основе КВП характеризуется более высокой активностью по сравнению с цементом ЦЕМ I 42,5 Н и ВНВ-50 на отходах ММС.

Таблица 4

Физико-механические характеристики вяжущих

№ п/п	Вид вяжущего	Кол-во добавки Полипласт СП-1, %	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания час – мин		Активность вяжущего МПа	
				начало	конец	на изгиб	на сжатие
1	ЦЕМ II/А-Ш 32,5	-	27,0	2-40	4-20	5,8	39,8
2	ВНВ-50 (КВП)	0,6	25,3	2-10	4-10	9,4	56,3
3	ЦЕМ I 42,5 Н	-	26,5	3-00	4-50	8,4	48,6
4	ВНВ – 50 (ММС)	0,6	25,4	2-40	4-00	6,2	46,3

Для оценки возможности применения сланцевого щебня как сырья для производства бетона были разработаны составы бетона с использованием в качестве заполнителя сланцевого щебня. В качестве вяжущего применялось ВНВ-50 (ММС), ВНВ-50 (КВП) и портландцемент Цем I 42,5Н (табл. 5).

Таблица 5

Физико-механические свойства бетона

№ п/п	Состав бетона				Вид вяжущего	В/Ц	Прочность при сжатии, МПа	$R_{изг}$, МПа	$M_{рз}$, циклов	Подвижность бетона, см
	Вяжущее	щебень кг/м^3	песок кг/м^3	вода л/м^3						
1	225	1320	620	161	ЦЕМ I 42,5 Н	0,7	10,2	2,3	100	12,4
2	225	1320	620	161	ВНВ – 50 (ММС)	0,7	11,4	2,1	100	13,2
3	225	1320	620	161	ВНВ-50 (КВП)	0,7	12,5	2,7	100	13,5

Исследования физико-механических характеристик показало, что свойства бетонов изготовленных на ВНВ-50 (КВП) во всех случаях превышают характеристики образцов аналогичного состава, изготовленных на других вяжущих и так позволяет существенно снизить расход клинкерной составляющей.

В связи с высокой интенсивностью движения на дорожном полотне, большое значение имеет изучение деформативных характеристик. Одной из основных характеристик деформирования бетона является модуль упругости, для определения которого испытывались призмы в 28-суточном возрасте в точном соответствии с требованиями ГОСТ 24452. Продольные деформации призм замерялись с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм (табл. 6).

Таблица 6

Деформативные свойства бетона

№ п/п	Вид вяжущего	Модуль упругости, МПа	Призменная прочность, МПа
1	ВНВ – 50 (ММС)	6,1	7,6
2	ЦЕМ II/А-42,5Н	5,5	6,9
3	ВНВ-50 (КВП)	5,8	7,3

Исследовав деформативные показатели, были получены следующие результаты, дающие основание сделать вывод о том, что на основе щебня из метаморфических сланцев Старооскольского железорудного бассейна КМА возможно получение бетонов для дорожных оснований, соответствующих нормативной документации для данного вида строительства.

Установлено увеличение деформативных характеристик бетона на ВНВ-50 (ММС) по сравнению с бетоном на цементе Цем I 42,5Н на 11 % .

Применение же композиционных вяжущих, таких, как ТМЦ-70 и ВНВ-70, позволяет, в свою очередь, повысить характеристики бетона по сравнению с аналогичными составами на основе цемента, что объясняется более плотной структурой цементного камня самих композиционных вяжущих и, следовательно, бетонов на их основе, а также меньшей пористостью.

Таким образом, доказана возможность получения дорожных бетонов за счет использования композиционных вяжущих, заполнителя из кристаллических сланцев и суперпластификаторов.

**Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на* 2009-2013 *годы, грант № 14.B37.21.1487, тема: «Разработка научных и практических основ создания композиционных вяжущих на основе техногенного сырья с целью производства фибробетона для ремонтных работ», при финансовой поддержке в виде гранта президента Российской Федерации МК-2715.2012.8 по теме: «Разработка научных и практических основ повышения эффективности мелкозернистого фибробетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего для промышленного и гражданского строительства».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отходы горнодобывающих предприятий как сырье для производства мелкозернистого бетона армированного фибрами / А.В. Клюев, С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, Михайлова О.Н. // Вестник Белгородского государственного тех-

нологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 81–84.

2. Клюев С.В., Авилова Е.Н. Мелкозернистый фибробетон с использованием полипропиленового волокна для покрытия автомобильных дорог // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 37–40.

3. Лесовик Р.В. К проблеме использования техногенных песков для производства мелкозернистых бетонов и изделий на их основе // Строительные материалы. 2007. № 9. Прил. «Наука». № 10. С. 13–15.

4. Лесовик Р.В. Техногенный песок в дорожном строительстве // Строительные материалы. 2009. № 12. С. 48 – 50

5. Лесовик Р.В., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазообогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.

6. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов / В.В. Строкова, Н.И. Алфимова, Ф.А. Наваретте велос, М.С. Шейченко // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 32–33.

7. Пути повышения эффективности мелкозернистого бетона / Р.В. Лесовик, А.И. Топчиев, М.С. Агеева, М.Н. Ковтун, Н.И. Алфимова, А.П. Гринев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 7. С. 16–17.

8. Лесовик Р.В., Агеева М.С. Высокопрочный бетон для покрытий автомобильных дорог на основе техногенного сырья // Строительные материалы. 2005. № 5. С. 46–47.

9. Лесовик Р.В. Комплексное использование хвостов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов // Горный журнал. 2004. № 1. С. 76–77.

10. Лесовик Р.В. Мелкозернистый бетон для дорожного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 11. С. 92–95.

11. Лесовик Р.В., Клюев С.В. Техногенные пески для производства высококачественного фибробетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. №8. С. 31–33.

12. Ворсина М.С. Укатываемые бетоны для дорожного строительства на основе отходов КМА: дис. … к.т.н. Белгород 2005. 183 с.

13. Сырьевые материалы для строительства жестких дорожных одежд / А.М. Гридчин, В.С. Лесовик, В.В. Строкова // Сооружения, констр., технологии и строительные материалы XXI века: Сб. докл. II Междунар. конф. – шк. – сем. молод. учен., асп. и доктор.: Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. Ч.2. С. 208–210.

Бухало А. Б., канд. техн. наук, доц.,
Нелюбова В. В., канд. техн. наук, доц.,
Строкова В. В., д-р техн. наук, проф.,
Сумин А. В., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА*

309991@mail.ru

Описаны некоторые физико-механические свойства традиционных и современных газообразователей. Изучены характеристики нанодисперсного активированного алюминия и обоснована эффективность его применения при получении ячеистых композитов.

Ключевые слова: *газообразователь, паста, пудра, нанодисперсный, ячеистый бетон.*

Энерго- и ресурсосбережение является генеральным направлением современной технической политики в области строительного материаловедения. В комплексе мер по энергосбережению возрастают требования к теплозащите ограждающих конструкций и повышению комфортности зданий.

Основным способом снижения энергозатрат является повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Потребляемая в России энергия на отопление зданий, производство строительных материалов и изделий, строительство в 2–2,5 раза превышает ее потребление в развитых странах мира, в первую очередь, за счет меньшего термического сопротивления ограждающих конструкций и больших теплопотерь.

Однако, производство эффективного по теплофизическим характеристикам неавтоклавного ячеистого бетона низких марок по средней плотности является проблемным из-за сложности обеспечения стабильной тонкодисперсной ячеистой структуры и высокой прочности, зависящих от рецептурно-технологических факторов. Одним из путей решения данной задачи является разработка принципов проектирования неавтоклавных ячеистых материалов с направленно регулируемыми свойствами и эффективным структурированием на всех размерных уровнях организации матрицы для производства композитов строительного назначения, с заданной гетерогенностью структуры. Именно при использовании таких подходов можно перейти на новый этап производства строительных материалов, изделий и конструкций, отличающихся простотой, мобильностью, экономичностью, высокими эксплуатационными свойствами и конкурентоспособностью изготовляемой продукции, отвечающей требованиям рынка.

Всем обозначенным требованиям в полной мере отвечает пеногазобетон. В настоящее время рядом авторов проведен комплекс исследований по разработке технологических принципов производства пеногазобетона, изучены эксплуатационные характеристики материала, а также разработана технологическая схема производства [1–3].

Для получения ячеистого бетона с однородной пористой структурой, состоящей из полидисперсных пор и неподверженного осадочным и в дальнейшем усадочным деформациям, необходимо использование компонентов, которые будут работать как система, в совокупности друг с другом. Весь процесс можно описать следующим образом: в момент, когда смесь с пенообразователем может дать усадку, должен начать свою работу газообразователь. За счет медленного газовыделения процессы формирования пористой структуры могут идти одновременно с процессами кристаллизации. При этом процесс газовыделения должен не нарушая структуру, уплотнять межпористую перегородку, смещая частицы вяжущего к уже сформировавшимся порам пены.

При этом важное значение в технологии получения пеногазобетона имеет газообразователь. Одним из самых распространенных газообразующих компонентов является алюминиевая пудра, однако на современном рынке растет доля альтернативных газообразователей – алюминиевых паст [4]. В настоящее время имеются публикации, связанные с изучением свойств существующих и новых газообразователей [5–7], а также материалов на их основе [8–10]. Однако, стоит отметить, что исследования, описанные в статьях, касаются технологии производства газобетона различного твердения. Вопросы, связанные с поризацией пеногазобетона все еще остаются открытыми. Кроме того, известно, что использование нанодисперных добавок в композитах может обеспечить максимальную эффективность производства материала с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Согласно ГОСТ 5494–95 «Пудра алюминиевая. Технические условия» и требованиям производителей ячеистого бетона современные газообразователи должны удовлетворять следующим критериям: монодисперсный состав в достаточно узком интервале распределения частиц по размерам; отсутствие пыления; гидрофильная поверхность частиц; плавное течение процесса газовыделения с получением нетоксичных и не вызывающих коррозию продуктов; большой объем выделяющегося газа – большое газовое число; соответствие температурного интервала максимального газообразования температуре размягчения получаемого материала; устойчивость в условиях хранения и транспортирования; доступность и относительна низкая стоимость.

В связи с этим целью настоящей работы стало изучение и оценка эффективности использования различных газообразователей для получения ячеистого бетона с высокой степенью поризации.

Для исследований использовались традиционные газообразователи: алюминиевая пудра ПАП-1 (ООО «СУАЛ-ПМ-Краснотурьинск») и алюминиевая паста Газобетолайт (ООО «НСК-ТЕК»), а также нанодисперсный алюминий НДГ [11].

Гранулометрический состав газообразователей изучали с помощью лазерного анализатора частиц MicroSizer 201. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

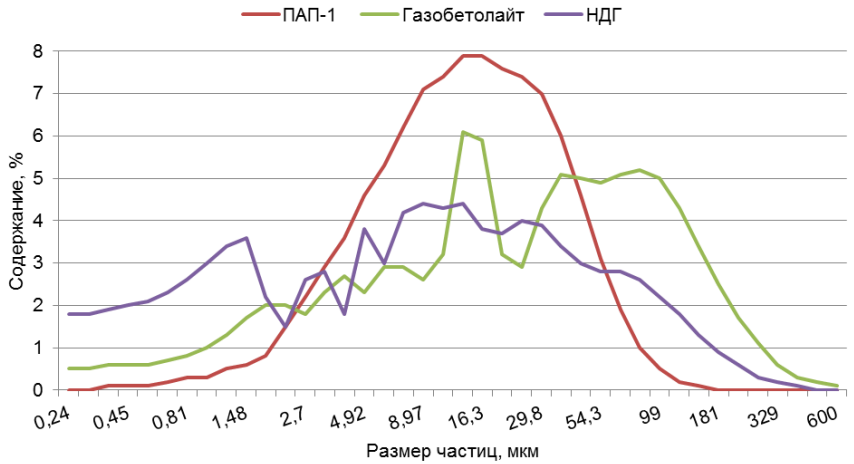


Рис. 1. Распределение частиц по размерам различных газообразователей

Анализ распределения по размерам частиц газообразователей различных производителей показал, что большинство добавок данного функционального назначения являются преимущественно полидисперсными.

Добавка ПАП–1 характеризуется широким пиком в диапазоне частиц от 5 до 90 мкм. У алюминиевой пудры распределение частиц одномодальное. Наибольшее процентное содержание приходится на диапазон от 16 до 30 мкм. Наличие одного пика в диапазоне крупных частиц будет способствовать высокой скорости газовыделения. Этот факт может препятствовать эффективному использованию данного вида газообразователя для получения пеногазобетонов.

График распределения частиц по размерам наноразмерного газообразователя и алюминиевой пасты сходны и характеризуются скачкообразным характером, что связано с полидисперсным составом вещества. При этом в составе НДГ отмечено существенное количество частиц (2–5 %) размерами менее 2 мкм. Такой характер гранулометрии газообразующих веществ будет способствовать равномерному газовыделению в течение достаточно длительного времени.

Определение содержания активного алюминия (табл. 1), производилось с помощью рентгено-флуоресцентного волнового спектрометра, предназначенного для определения массовой доли элементов в металлических и неметаллических образцах, находящихся в твердом, жидком и порошкообразном состоянии. Установлено, что активность алюминия для исследуемых газообразователей соответствует ГОСТ 5494–95. При этом максимальным показателем

активности характеризуется НДГ, минимальным – алюминиевая паста.

Одним из самых важных факторов, влияющих на создание равномерной структуры ячеистого бетона, является кинетика газообразования. При этом данная характеристика не отображена в основном ГОСТ на алюминиевую пудру.

На газообразующую способность влияет ряд факторов. Основные из них – начальная вязкость текучесть смеси, ее температура, скорости образования структуры с определенными механическими свойствами, дисперсность алюминиевой пудры и ее количество, химический состав среды.

Изучение газообразующей способности алюминиевых компонентов проводились с использованием газометрического прибора в щелочной среде.

При анализе газообразующей способности НДГ и традиционно применяемых алюминиевых газоообразователей отмечено, что и объем газа и характер течения реакции у всех порообразователей значительно отличается. Анализ газообразователей различных производителей позволил выявить, что традиционно применяемые для получения газобетонов порообразователи, обладают скачкообразным газовыделением. Это приводит к формированию рваных пор в пеногазобетоне.

Алюминиевая пудра характеризуется скачкообразным газовыделением. Было выявлено два основных пика газовыделения в начале реакции: на 4 минуте и с 8 по 10 минуту. При этом алюминиевая пудра позволяет получить максимальное количество газа (табл. 1). Однако, с учетом особенностей реакции газообразования, данный поризатор не пригоден для дальнейших экспериментов, так как не удовлетворяет требованиям материла по формированию равномерно распределенной пористости.

Алюминиевая паста отличается большей стабильностью, выделяет большее количество газа за длительное время. Однако, в процессе газовыделения также наблюдается резкий пик реакции. В течение первых двух минут выделяется до 50 % от общего объема газа. Это негативно скажется на сформированной структуре и приведет к усадке материала.

Нанодисперсный активированный алюминий характеризуется равномерным и длительным протеканием реакции без ярко выраженных экстремумов.

Предложенный газообразователь (НДГ) показал наиболее стабильное выделение газа в течение длительного времени. Это объясняется особенностями гранулометрии изученных газообразователей и его активностью.

Основные изученные характеристики газообразователей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства газообразователей

Характеристика	Тип газообразователя		
	ПАП-1	НДГ	Газобетолайт
Вид	Пудра	Паста	Паста
Цвет	Светло-серый	Темно-серый	Темно-серый
Диапазон частиц	10-60	1-44	5-60
Средний размер, мкм	28,9	16,2	25,4
Преобладающий (90 %) размер частиц, мкм менее	49,1	40,45	58
Активность, мас. %	98,6	99,6	89
Количество выделяемого газа, мл	300	430	680
Время реакции, мин	14	17	19

Таким образом, нанодисперный алюминий характеризуется рядом преимуществ по сравнению с классическими газообразователями: устранение пыления; легкость перемешивания за счет гидрофильности продукта; повышенная дисперсность в дальнейшем позволяющая создать более равномерную структуру; плавное газообразование, что приведет к образованию более замкнутой пористости. Все это в конечном итоге будет способствовать формированию равномерной пористости композита, и, как следствие, создаст предпосылки для производства качественных высокоэффективных ячеистых материалов.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: государственный контракт № 16.740.11.0770, соглашение № 14.B37.21.0930, в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; при поддержке фонда РФФИ: № 12-08-97603.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Завадский В.Ф., Дерябин П.П., Косач А.Ф. Технология получения пеногазобетона // Строительные материалы. 2003. №6. С. 2–4.

2. Строкова В.В., Бухало А.Б. Пеногазобетон на нанокристаллическом порообразователе // Строительные материалы. 2008. № 1. С. 38–39.

3. Строкова В.В., Ерохина И.А., Бухало А.Б. Неавтоклавный ячеистый бетон на основе сухой строительной смеси // Строительные материалы. 2008. № 1. С. 4–5.

4. Прохоров С.Б. Рынок газообразователей в России. Критерии оценки и тенденции развития // Строительные материалы. 2012. №9. С. 40–42.

5. Прохоров С.Б. Специализированные алюминиевые газообразователи: результаты внедрения и перспективы развития // Строительные материалы. 2009. №10. С. 28–29.

6. Семериков И.С., Вишневский А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // Строительные материалы. 2010. №1. С. 47–49.

7. К вопросу о подборе газообразователей для изготовления ячеистобетонных изделий / Л.А.Сулейманова, К.А. Кара, И.Е. Красникова, О.А. Скороходова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 20–23.

8. Сулейманова Л.А. Алгоритм получения энергоэффективного газобетона с улучшенными показателями качества // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.. 2011. №4. С. 59–61.

9. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Оптимизация состава неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 28–30.

10. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 45–48.

11. Берш А.В., Иванов Ю.Л., Мазалов Ю.А., Глухов А.В., Трубачев О.А. Способ получения гидрооксидов и оксидов алюминия и водорода и устройство для его осуществления // Патент России №22278077. Заявл. 11.07.2005. Опубл. 20.06.2006. Бюл. № 17. 12 с.

Сулейманова Л. А., канд. техн. наук, проф.,
Лесовик В. С., д-р техн. наук, проф.,
Хархардин А. Н., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИДИСПЕРСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ НЕАВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ*

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Представлены топологические свойства полидисперсных композиционных вяжущих, обладающих особой гранулометрией с высокоплотной упаковкой частиц. Использование разработанных вяжущих обеспечивает повышение эффективности производства неавтоклавных ячеистых бетонов.

Ключевые слова: *топологические свойства, композиционное вяжущее, неавтоклавные ячеистые бетоны*

Производство неавтоклавных ячеистых бетонов с улучшенными эксплуатационными свойствами возможно за счет управления процессами структурообразования в твердеющей системе с эффективным композиционным вяжущим. Улучшенная поровая структура ячеистого бетона достигается за счет полимодального распределения пор по размерам, уменьшения их диаметра, уменьшения толщины и увеличения прочности межпоровой перегородки, а также снижения дефектности структуры. Но это затруднено при существующих технологиях с применением традиционных вяжущих – портландцементов марок ЦЕМ I 42, 5 Н и ЦЕМ I 32, 5 Н, которые по геометрическим параметрам составляющих их частиц не соответствуют структурным показателям высококачественного неавтоклавного газобетона, для которого максимальный размер зерна цемента должен находиться на уровне менее 30 мкм во избежание нарушения целостности перегородки и снижения ее несущей способности (рис. 1) [1].

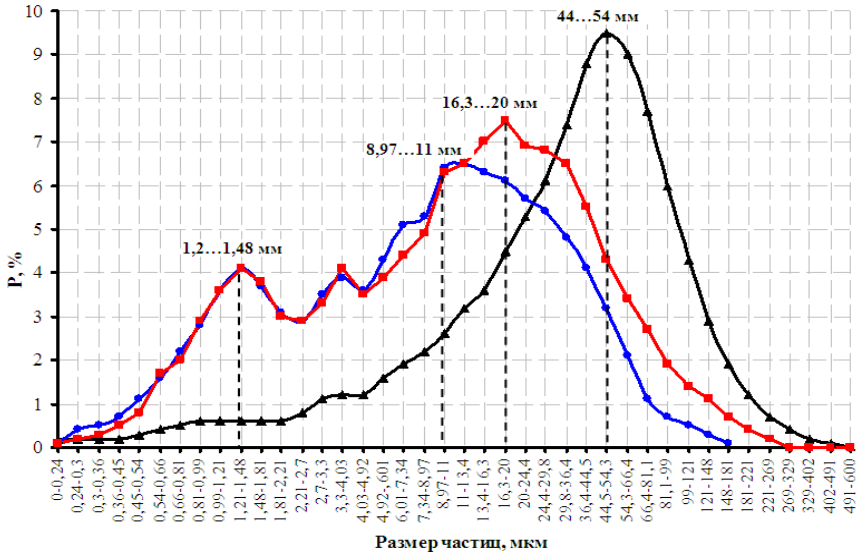


Рис. 1. Распределение частиц по размерам вяжущих:
– портландцемент;
– композиционное вяжущее с отсевами дробления кварцитопесчаника;
– композиционное вяжущее с перлитом

Другим недостатком традиционных цементов, применяемых при производстве неавтоклавных ячеистых бетонов, является низкая степень их гидратации, которая является следствием плохой закристаллизованности продуктов гидратации и может быть причиной дефектной структуры и, в целом, низких показателей качества.

Поэтому для оптимизации структуры неавтоклавного ячеистого бетона требуются полидисперсные композиционные вяжущие с активными минеральными материалами, тонкодисперсной гранулометрией частиц, регулируемыми коллоидно-химическими свойствами суспензий на их основе, интенсивными процессами гидратации клинкерных минералов и высокими физико-механическими характеристиками.

Нами создавались композиционные вяжущие на различных сырьевых компонентах – кварцсодержащих, кремнеземсодержащих и техногенных песках. Рациональность использования техногенных песков заключается в выборе кремнеземистых компонентов с повышенным содержанием минерало-образующей среды, газовоздушных включений, дефектов кристаллической решетки, которые в процессе добычи и дезинтеграции сырья, воздействия физических полей, обогащения и при помоле совместно с клинкером и пластификаторами трансформируются в активные минеральные добавки. Последние интенсифицируют процессы гидратации клинкерных минералов и создают оптимальную структуру композита.

Повышение эффективности производства композиционных вяжущих достигалось применением различных добавок-интенсификаторов, рациональным подбором ингредиентов и порядком их введения, а также совершенствованием морфологии и характера поверхности частиц. Существенное отличие наблюдается по форме и морфологии поверхности частиц кварца техногенных песков в отличие от природного кварцевого песка. Если у природного кварцевого песка форма круглая, с гладкой поверхностью зерен, то у техногенного песка форма угловатая, с высокоразвитой поверхностью зерен. Это не могло не сказаться и на активности поверхности отсевов дробления кварцитопесчаника. Гранулометрия и форма зерен ингредиентов оказывают влияние на плотность межпоровых перегородок и степень использования новообразований, а, в конечном счете, на свойства композита [2–4].

Из результатов гранулометрического анализа композиционных вяжущих и портландцемента на микросайзере выделим размеры и содержание микрочастиц в точках максимумов кривой (рис. 2) и рассчитаем средние и относительные их размеры (табл. 1).

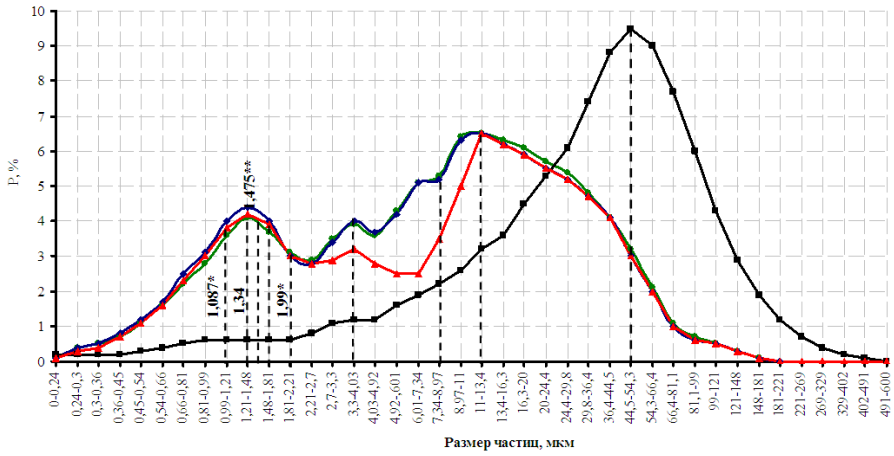


Рис. 2. Распределение частиц вяжущих по размерам:

– композиционное вяжущее 1; – композиционное вяжущее 2 – цемент – расчетная кривая

* – расчет при m = 2; ** – усредненный

Таблица 1

Средние и относительные размеры микрочастиц вяжущих

Размеры и содержание частиц	$d_{ср}$, dn/d_1	Фактическое значение	Расчетное значение
d_1 = 13,4…11 мкм – 6,5 %	12,14 мкм	1,0	1,0
d_2 = 7,34…8,97 мкм – 5,4 %	6,64 мкм	0,547	0,547
	3,65 мкм	0,300	0,300
d_3 = 4,03…3,3 мкм – 4 %	1,34 мкм	0,11	0,164
d_4 = 1,48…1,21 мкм – 4,4 %	< 1,34 мкм	< 0,11	0,09
	Класс m = 2		

Согласно структурной топологии дисперсных систем, распределение частиц по размерам при высокой упаковке описывается выражением вида [5]:

$$\frac{d_2}{d_1} = \left(\frac{0{,}2549}{10\eta_1}\right)^{\frac{m}{3}(n-1)}; \qquad (1)$$

Из этого выражения для класса системы m = 2 распределения частиц по размерам найдем плотность упаковки частиц крупной фракции $d_{1ср}$ = 12,14 мкм. Так для класса систем m ≤ 3 $d_n / d_1^1 = 0{,}547^{\frac{3}{2}} = 0{,}40456$, тогда $\frac{2{,}549}{10\eta_1} = 0{,}40456$, отсюда $\eta_1 = 0{,}63$.

При этом реальное распределение частиц:

$$\frac{dn}{d_1} = \left(\frac{2{,}549}{10 \cdot 0{,}63}\right)^{\frac{2}{3}(n-1)} = 1{,}0;\ 0{,}547;0{,}300;0{,}164;0{,}094\,.$$

Первые три результата $\frac{dn}{d_1}$ имеют абсолютную сходимость, тогда как усредненный размер четвертой и пятой фракции частиц незначительно смещен в область крупных размеров: $d_{ср} = (0{,}164 \cdot 0{,}09)^{\frac{1}{2}} \cdot d_1 = 1{,}475 мкм$, $d_{ср} > d_{сф}$, 1,475 мкм > 1,34 мкм.

На рис. 2 расчетный размер пятой фракции $d_{ср}$ = 0,09·12,14 = 1,087 мкм смещен от фактического среднего размера частиц $d_{сф}$ = 1,21…1,48 мкм в область мелких размеров.

Таким образом, фактическое распределение частиц по размерам соответствует их высокоплотной упаковке.

Проведем анализ их содержания в смеси на соответствие высокоплотной упаковке.

Расход каждой фракции определяется по формуле:

$$G_n = (1-\sigma_{n-1})\frac{\eta_n}{\sigma_{n-1}}\beta_n \sum_{i=1}^{n-1} G_i, \qquad (2)$$

где η_n – плотность упаковки частиц каждой фракции $\eta_n < \eta_{n-1}$ определяется по усредненным данным в зависимости от $\frac{dn}{d_1}$ (η_1 = 0,63; η_2 = 0,62; η_3 = 0,61; η_4 = 0,60); σ_{n-1} – плотность упаковки частиц в смеси, состоящей из n-1 фракций; β_n – коэффициент разъединения (раздвижки) зерен в смеси частицами очередной фракции, вводимой в смесь, $\beta_n = \frac{\sigma_{n-1}}{\eta_n}$; G_1 – количество первой (наиболее) крупной фракции, обычно принимается G_1 = 100 мас. ч.

Плотность упаковки частиц в смеси при введении очередной фракции определяется по формуле:

$$\sigma_n = \sigma_{n-1} + \frac{(1-\sigma_{n-1})}{\beta_n} \cdot X_n, \qquad (3)$$

где $\sigma_1 = \eta_1$ – плотность упаковки частиц наиболее крупной фракции; X_n – степень заполнения пустот в смеси при введении очередной фракции (определяют с использованием табл. 6.1 [5]. При G_1 = 100 мас. ч. расход второй фракции будет равен:

$$G_2 = (1-\eta_1) \cdot \frac{\eta_2}{\eta_1}\beta_2 \cdot 100 = (1-0{,}63) \cdot 100 = 37 \text{ мас.ч.}$$

$$\sigma_2 = \eta_1 + \frac{(1-\eta_1)\cdot\eta_2^2(1-\eta_2)^2}{\beta_2} = 0{,}63 + \frac{0{,}37 \cdot (0{,}62 \cdot 0{,}38)^2}{0{,}63/0{,}62} = 0{,}651.$$

$$G_3 = (1-0{,}651) \cdot \frac{0{,}61}{0{,}65} \cdot \frac{0{,}65}{0{,}61} \cdot (100+37) = 47{,}8 \text{ мас.ч.}$$

$$\sigma_3 = 0{,}651 + \frac{(1-0{,}651)\cdot X_3}{\beta_3} = 0{,}651 + \frac{0{,}349\cdot\left[(\varepsilon_2\cdot\eta_2)^2 + (\varepsilon_3\cdot\eta_3)^2 + \varepsilon_3^2\right]}{\frac{n}{2}(n-1)\cdot\frac{0{,}65}{0{,}61}} =$$

$$= 0{,}651 + \frac{0{,}37\cdot\left[(0{,}62\cdot 0{,}38)^2 + (0{,}61\cdot 0{,}39)^2\right]}{0{,}65/0{,}61} = 0{,}651 + \frac{0{,}37\cdot 0{,}088}{0{,}65/0{,}61} = 0{,}682.$$

$$G_4 = (1-0{,}64)\cdot(100+37+48) = 66{,}6 \text{ мас.ч.}$$

$$\sigma_4 = 0{,}682 + (1-0{,}682)\cdot X_4/\beta_4 = 0{,}682 + 0{,}318\cdot\frac{(0{,}088\cdot 3 + \varepsilon_4^2\eta_4^2 + \varepsilon_4^2 + \varepsilon_4\eta_4)}{6}/\frac{0{,}682}{0{,}60} =$$

$$= 0{,}682 + 0{,}318\cdot 0{,}076/1{,}137 = 0{,}703.$$

Сопоставление расхода каждой фракции расчетного с фактическим в смеси представлено в табл. 2.

Количество второй фракции в реальной смеси (рис. 2) несколько завышено по сравнению с расчетом. Но учитывая, что содержание фракции в реальной смеси с размером более d_1 значительное – пологий участок кривой анализа смеси, повышенное содержание второй фракции пойдет на заполнение в них пустот. То же самое относится и к третьей фракции. Расчетное количество четвертой фракции почти совпадает с фактическим содержанием ее в смеси.

Следовательно, состав полидисперсной смеси композиционного вяжущего, представленной на рис. 2 следует отнести к высокоплотным по плотности упаковки в ней частиц. Аналогичные выводы можно сделать и по составу полидисперсной смеси, представленной на рис. 3.

Таблица 2

Расход каждой фракции вяжущего

G, мас. ч.	Фактический расход	Расчетный расход
$G_1 = 100$	6,5	6,5
$G_2 = 37$	5	2,4
$G_3 = 48$	4	3,12
$G_3 = 66{,}6$	4,5	4,3

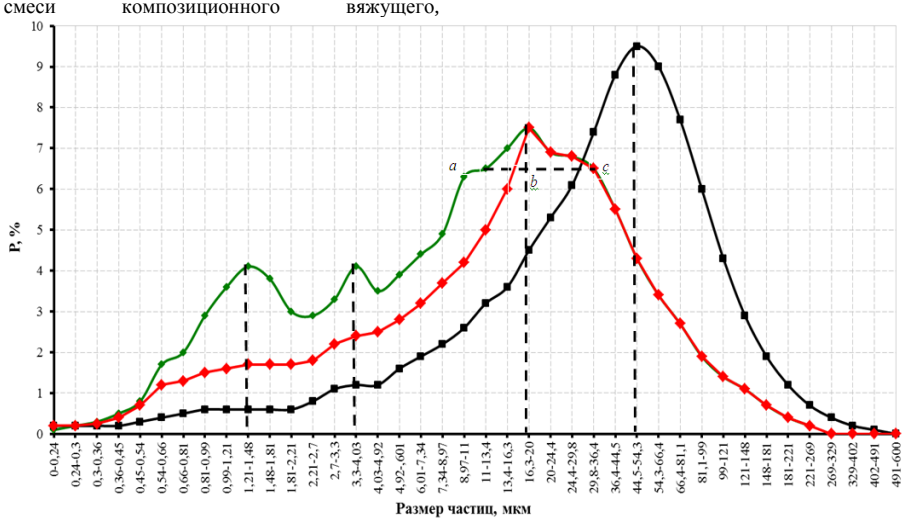


Рис. 3. Распределение частиц вяжущих по размерам:
$ab \approx bc$ – компенсирование (усредненное) размеров и содержание до $d_1 = 16{,}3\ldots20$ мкм, $d_{ср} = 18$ мкм, $\varphi_1 = 6{,}5$;
композиционное вяжущее; Белгородский цемент; расчетная кривая

Приведем лишь некоторые исходные данные для расчета ее состава при высокоплотной упаковке частиц.

Таблица 3

Расчет высокоплотной упаковки частиц вяжущего

Размер частиц	d_n/d_1	η_n
$d_{1c} = (16{,}3\cdot 20)^{1/2} = 18$ мкм	1	0,67(0,64)
$d_{2c} = (4\cdot 3{,}3)^{1/2} = 3{,}63$ мкм	0,202	0,61
$d_{3c} = (1{,}48\cdot 1{,}21)^{1/2} = 1{,}34$ мкм	0,07	0,60
$d_{4c} = (0{,}66\cdot 0{,}54)^{1/2} = 0{,}597$ мкм	0,033	0,59

Определение η_1: так как $d_2/d_1 = 0{,}202$, то класс системы $m = 5$ [4] и $2{,}549/(10\eta_1) = 0{,}202^{3/5} = 0{,}383$, отсюда $\eta_1 = 2{,}549/3{,}83 = 0{,}666$.

Наличие широкой полочки размеров крупных частиц, больших и меньших, чем $d_1 = 16{,}3\ldots20$ мкм приводит к несколько завышенному результату η_1, которое для монодисперсных сферических частиц составляет $\eta_1 \le 0{,}65$. Как видно из рис. 3 экспериментальная кривая распределения частиц в смеси имеет широкую область размеров крупных фракций, на что потребует повышенный расход мелких фракций, что отображается двумя максимумами и крутым спуском участка с размером частиц более d_1. Такую смесь также следует отнести к высокоплотным полидисперсным смесям с основным по максимуму классом $m = 5$. При этом плотность упаковки частиц класса $m = 5$ быстро возрастает $\eta_1 = 0{,}64\div0{,}67$, $\sigma_2 = 0{,}728$, $\sigma_3 = 0{,}8115$ и $\sigma_4 = 0{,}883$.

Разработанные полидисперсные композиционные вяжущие обладают особой гранулометрией с высокоплотной упаковкой частиц, характеризующиеся наличием на кривых анализа гранулометрического состава ниспадающих максимумов содержания фракций данного класса m их распределения, обеспечивая формирование оптимальной микроструктуры цементного камня межпоровых перегородок за счет плотной упаковки частиц и поверхностных явлений при гидратации компонентов композиционных вяжущих в тонких пленках, способствующей ускорению процессов структурообразования и повышению прочности на ранней стадии твердения неавтоклавного ячеистого бетона.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Suleymanova L.A. Non-autoclaved aerated concrete at composite binding / Ibausil: 18. Internatinale Baustofftagung // Weimar, 2012. B.2. P. 2-0830–2-0835.

2. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих. Белгород: КОНСТАНТА, 2010. 152 с.

3. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 150 с.

4. Сулейманова Л.А., Жерновский И.В., Шамшуров А.В. Специальное композиционное вяжущее для газобетонов неавтоклавного твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 39–45.

5. Хархардин А.Н. Структурная топология. Белгород: Изд. БГТУ, 2009. Ч.1. 196 с.

Пучка О. В. канд. техн. наук, проф.,
Сергеев С. В., аспирант
Вайсера С. С., аспирант
Калашников Н. В., соискатель
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

oleg8a@mail.ru

Экономическая эффективность и целесообразность использования теплоизоляционных материалов оцениваются по их физико-химическим свойствам, экологическая безопасность, долговечности, себестоимость производства и монтажа.

По комплексу перечисленных показателей пеностекло является наиболее перспективным теплоизоляционным материалом. Использование пеностекла – это экономия в затратах на теплоизоляцию, снижение затрат на монтажные работы, увеличение полезного объема помещения, снижение нагрузок на фундамент и несущие конструкции, повышение безопасности жилья, а, значит, и спроса на него. Однако для снижения его себестоимости необходимо использовать более дешевые сырьевые компоненты, в том числе и техногенное сырье. Это реальный путь для широкого использования пеностекла в строительстве и архитектуре.

Ключевые слова: *пеностекло, теплоизоляции, коэффициент теплопроводности, пористость, прочность, водопоглощение, вспенивание, отжиг, шлак.*

Производство качественных теплоизоляционных материалов является одной из важнейших задач промышленности строительных материалов. Из всех существующих теплоизоляционных материалов наиболее перспективным является пеностекло. Пеностекло по своим свойствам превосходит большинство существующих материалов (пенобетоны, пенополистеролы, минераловатные изделия и т.п.) [1, 2], но главный недостаток, который отмечают многие проектировщики – это его высокая стоимость. Поэтому снижение себестоимости пеностекла является актуальной задачей, решению которой и посвящена данная работа.

Анализ литературных данных [3–6] показал, что перспективным направлением снижения расходов при производстве пеностекла является использование местных сырьевых ресурсов или техногенных отходов производств. Причем, второй вариант предпочтительнее, так как позволяет утилизировать отходы и сэкономить кондиционное сырье.

Основным методом получения пеностекла является порошковый. Пеностекло получают на основе стеклобоя или стеклогранулята определенного химического состава, стоимость которого и высокие энергетические затраты вместе составляют основные затраты при производстве пеностекла. Согласно теории получения пеностекла, кристаллизация в пенообразующей смеси ведет к остановке процесса вспенивания, а значит, присутствие в смеси компонентов разного химического и фазового составов может привести к необратимому процессу кристаллизации [7, 8].

Для определения степени влияния кристаллизации на процесс получения пеностекла нами было принято решение провести исследования смеси шлаков металлургической промышленности со стеклобоем. Для исследований были выбраны шлаки, химический состав которых приведен в таблице 1. Как видно из таблицы, шлаки можно отнести к тугоплавким материалам.

Определение фазового состава шлаков проводили методом рентгенофазового анализа, который показал следующие результаты [9]:

– шлак Липецкого металлургического комбината (ЛМК) содержит кристаллические фазы: геленит, волластонит, диопсид, а также наличие стекловидной фазы в виде аморфного гало;

– шлак Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) содержит: α-кварц, кальцит, периклаз, аморфное гало на рентгенограмме не наблюдается;

– шлак Старооскольского металлургического завода (СОМЗ) не содержит кристаллических фаз (нет интенсивных пиков), то есть данный шлак полностью аморфный;

– шлак Оскольского завода машиностроительной металлургии (ОЗММ) не содержит стекловидной фазы, но имеются интенсивные пики шеннонита и ларнита, а также отмечено наличие иогансенита и диопсида.

Таблица 1

Химический состав шлаков

Шлаки	Содержание оксидов, масс.%					
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	$FeO_{общ}$	MnO_2
Липецкий металлургический комбинат (ЛМК)	36,78	18,2	36,78	5,05	7,69	-
Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК)	20,0	16,0	40,0	12,0	12,0	6,49
Старооскольский металлургический завод (СОМЗ)	37,0	11,0	32,0	2,0	5,0	13,0
Оскольский завод машиностроительной металлургии (ОЗММ)	22,39	2,03	40,74	9,7	14,0	7,92

Таблица 2

Химический состав исследуемых шихт пенообразующих смесей

№	Соотношение	Содержание оксидов, мас%							
п/п	с/б÷шлак÷газообр. масс.%	SiO_2	CaO	$FeO_{об}$	MgO	Al_2O_3	MnO	Na_2O	SO_3
1	47÷47ЛМК÷6	54,4	21,65	3,9	4,63	10,1	-	7,5	2,05
2	65,8÷28,2ЛМК÷6	61,4	15,55	2,37	4,4	6,8	-	10,5	1,45
3	47÷47ОЭМК ÷6	47	24	6,0	8,1	4,25	3,2	7,5	0,25
4	65,8÷28,2 ОЭМК ÷6	57	17	3,67	6,79	3,13	1,92	10,5	0,35
5	75,2÷18,8 ОЭМК ÷6	61,8	13,4	2,48	5,76	2,72	1,88	12,0	0,4
6	47÷47СОМЗ÷6	54,5	19,5	2,5	3,1	6,5	6,5	7,5	0,25
7	65,8÷28,2 СОМЗ ÷6	61,5	14,15	1,57	3,54	4,63	3,9	10,5	0,35
8	75,2÷18,8 СОМЗ ÷6	66,0	12,6	1,08	3,76	3,72	2,6	12,0	0,4
9	47÷47ОЗММ÷6	47,3	24,4	7,0	7,1	2,0	4,0	7,5	0,25
10	65,8÷28,2 ОЗММ ÷6	58,0	17,1	4,27	5,94	1,93	2,4	10,5	0,35
11	75,2÷18,8 ОЗММ ÷6	62,0	13,5	2,9	5,4	2,0	1,6	12,0	0,4

Следующим этапом работы было получение гранулированного звукоизоляционного пеноматериала (в качестве газообразователя использовали мел). Все компоненты пенообразующих смесей измельчались до удельной поверхности 5000–6000 $см^2/г$ и отвешивались в соотношениях, приведенных в таблице 2, после чего их смешивали и гранулировали на тарельчатом грануляторе с использованием КМЦ (карбометилцилюлоза) в качестве связующего в количестве 0,6 мас.%.

Вспенивание гранул проводили в муфельной печи при температуре 900 °С и времени вспенивания в интервале от 20 мин. до 40 мин. с шагом в 10 мин.

После температурной обработки вспенились гранулы составов 2,7 и 8 при времени вспенивания 30 мин. Во всех приведенных составах на рентгенограммах наблюдалась аморфная фаза.

Для определения причин, по которым не вспенились гранулы других составов и определения зависимости вспенивания от выделившихся кристаллических фаз, был проведен рентгенофазовый анализ и петрохимический расчет [10, 11] составов 2,5,7,8 и 11, который показал что:

– в составе №2 после термообработки обнаружены кристаллические фазы: окерманит (d/n, Å – I/I: 1,764 - 30; 2,04 – 20; 2,41 – 17; 2,87 – 100; 3,09 – 30 в количестве 7,2 %); диопсид (d/n, Å – I/I: 1,625 – 25; 2,30 – 15; 2,52 – 30; 2,99 – 100; 3,23 – 25 в количестве 6,1%); мервинит (d/n, Å – I/I: 1,91 – 40; 2,46 – 10; 2,67 – 100; 2,75 – 40; 3,31 – 30 в количестве 17,7 %); общее количество кристаллической фазы – 31,0%, аморфной фазы – 69,0 %;

– в составе №4 выделились кристаллические фазы: диопсид (d/n, Å – I/I: 2,98 – 15; 2,53 – 40; 2,979 – 100; 3,232 – 25; 3,351 – 11 в количестве 19,48%); мервинит d/n, Å – I/I: 2,023 – 30; 2,212 – 40; 2,33 – 30; 2,67 – 100; 2,75 – 40 в количестве 26,24%); геленит (d/n, Å – I/I: 1,759 – 35; 2,404 – 15; 2,819 – 100; 3,079 – 25; 3,688 – 11 в количестве 8,16 %); количетво кристаллической фазы – 53,78 %, стеклофазы – 46,22 %;

– в составе №7 выделились кристаллические фазы: диопсид (d/n, Å – I/I: 2,107 – 7; 2,298 – 15; 2,52 – 30; 2,979 – 100; 3,232 – 25 в количестве 19,5 %); геленит (d/n, Å – I/I: 1,759 – 35; 2,404 – 15; 2,819 – 100; 3,079 – 25; 3,688 – 11 в количестве 11,7 %); волластонит (d/n, Å – I/I: 1,716 – 60; 1,759 – 40; 1,831 – 60; 2,181 – 60; 2,979 – 100; 3,09 – 30; 3,302 – 80; 3,507 – 80 в

количестве 12,8 %); общее количество кристаллической фазы – 44,0 %, стеклофазы – 56 %;

– в составе №8 выделились кристаллические фазы: диопсид (d/n, Å – I/I: 2,298 – 15; 2,522 – 30; 2,979 – 100 в количестве 20,35 %); геленит (d/n, Å – I/I: 1,752 – 35; 2,032 – 15; 2,404 – 22; 2,849 – 100; 3,687 – 20 в количестве 8,42 %); волластонит (d/n, Å – I/I: 1,722 – 60; 1,831 – 60; 2,481 – 60; 2,979 – 100; 3,10 – 30; 3,302 – 80; 3,507 – 80; 3,834 – 80 в количестве 11,03 %); количество кристаллической фазы – 39,8 %, стеклофазы – 60,2 %;

– в составе №11 выделились кристаллические фазы: диопсид (d/n, Å – I/I: 1,626 – 25; 1,755 – 11; 2,049 – 13; 2,132 – 15; 2,305 – 15; 2,522 – 30; 2,903 – 30; 2,998 – 100; 3,23 – 25 в количестве 32,48 %); иогансенит (d/n, Å – I/I: 2.917 – 30; 2.6 – 60; 2.547 – 80; 2.194 – 20; 2.038 – 30; 1,988 – 20; 1,808 – 10; 1,697 – 20; 1,633 – 50 в количестве 7,41 %); девитрит (d/n, Å – I/I: 2,481 – 30; 2,564 – 35; 2,78 – 14; 2,998 – 100; 3,09 – 10; 3,21 - 80; 3,834 – 20 в количестве 33,17 %); общее количество кристаллической фазы – 66,84%, стеклофазы – 33,16 %.

Как видно из приведенных данных, во вспененных составах кристаллической фазы выделилось до 44,0 %, в не вспененных 53,78 % и более. Это позволило сделать вывод, что интенсивное выделение кристаллических фаз влечет за собой полную остановку процесса образования пористого материала. Вероятно, это происходит в результате изменения химического состава стеклофазы, что приводит к изменению ее реологических свойств. Для подтверждения этого предположения был проведен расчет вязкости исходного состава и остаточной стеклофазы методом МТШ и построены графики зависимости логарифма вязкости от температуры для каждого из рассматриваемых составов [12]. При сравнении полученных зависимостей, в точке, соответствующей температуре вспенивания 900^0С, было замечено (состав 2), что разность между первоначальной вязкостью стеклофазы, до и после выделения кристаллической фазы, составляла порядка 0,12 lgη, тогда как в составе 4 эта разница составила 1,18 lgη. Это говорит о том, что интенсивный рост кристаллической фазы значительно влияет на реологические параметры пенообразующей смеси. Для остальных вспученных составов она не превышает 0,33 lgη. Для состава 10 эта величина составила 0,5 lgη. Такое изменение реологических свойств расплава является основным фактором из-за которого смеси со шлаками ОЭМК и ОЗММ не вспенивались.

Для определения причин, связанных с резким изменением вязкости и остановки процесса вспенивания был рассчитан коэффициент связности кремнийкислородного каркаса (f_{Si}), отображающего количество свободного кремния в составе стекольной матрицы [13] и построен график (рис. 1) зависимости изменения вязкости остаточной стеклофазы (при температуре вспенивания) от f_{Si} для составов 2,4,7,10.

На графике (а) рисунка 1 видно, что, для состава 2, изменение фазового состава не оказывает сильного влияния на вязкость системы, в процессе кристаллизации логарифм вязкости изменяется с 4,18 до 4,5. Тогда как f_{Si}, после выделения первой кристаллической фазы составляет 0,3, а в процессе кристаллизации значение f(si) поднимается до 0,34 и остаточная стекловидная фаза остается в области существования технических стекол. На графике (б) показаны изменения в составе 4, связанные с кристаллизацией, которые сопровождаются сильным изменением вязкости. При этом изменение f_{Si} незначительно и позволяет предположить, что процесс кристаллизации не закончен, так как при такой вязкости стеклофаза имеет свойства не псевдо-жидкости, а жидкости и поэтому процесс кристаллизации в значительной степени затруднен из-за подвижности ионов. При вязкости $10^{3,2}$ Па·с, которая достигается значительным скачком, давление в образовавшихся порах должно значительно превышать поверхностное натяжение расплава, а значит, стенки пор разрываются и останавливается процесс образования и роста пористой структуры. В составе 7 (график (в)) также проходят процессы кристаллизации, но отсутствует резкий рост вязкости на последнем этапе кристаллизации, поэтому давление газов, образовавшихся в порах, не приводит к разрыву пор и тем самым способствует их росту. В составе 10 наблюдается значительный рост вязкости на первых этапах кристаллизации, приводящий к тем же эффектам, что и в составе 4.

Рентгенофазовый анализ вспененных составов подтвердил возможность получения гранулированного пеностекла с большой пористостью при ускорении процесса вспенивания на его начальной стадии, то есть при спекании смеси [14]. Это обусловлено тем, что выделение пироксенов возможно по твердо-фазовой реакции, которая происходит при температурах 560 °С. При этом система не обладает достаточной вязкостью для полного спекания частиц стекла и шлака, а также для образования газовых пор.

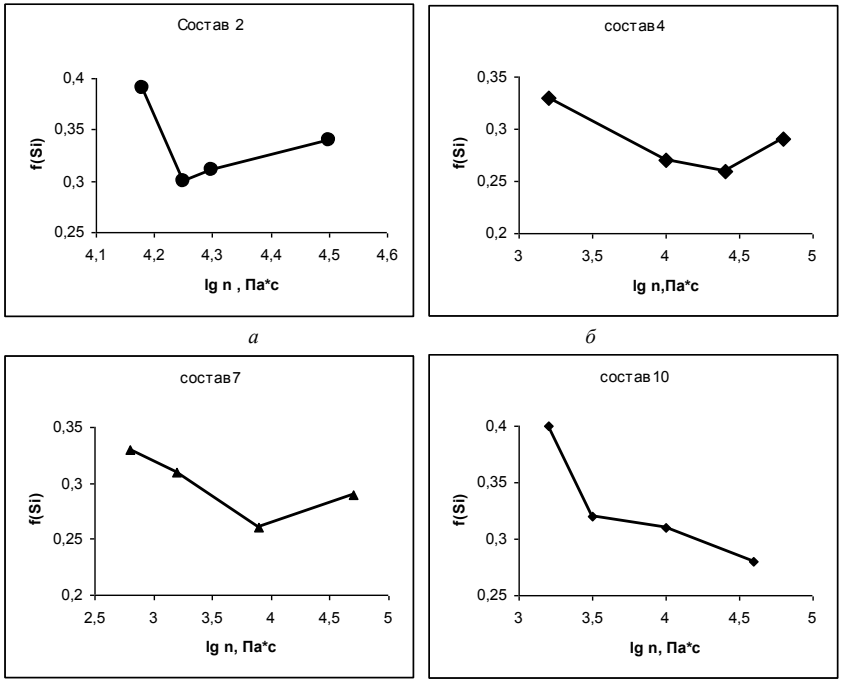


Рис.1 Изменение вязкости (Lg η) и связности кремнийкислородного каркаса (f_{Si}) в процессе вспенивания

В некоторых образцах со шлаком ЛМК наблюдался разрыв межпоровых перегородок при вспенивании, возможно это, происходило из-за летучих соединений находящихся шлаке.

Для определения количества летучих компонентов шлака ЛМК был проведен его обжиг при температурах 900 °С и 1000 °С с выдержкой 1 час. Потери массы при Т – 900 °С составили 1,4 % и Т – 1000 °С 1,2 % от начальной массы. Уменьшение количества потерь с повышением температуры связано с процессом окисления компонентов шлака. Для определение истинного количества летучих компонентов шлака, был проведен термогравиметрический и дифференциально-термический анализ шлака (рис. 2). Термогравиметрическую кривую шлака можно разбить на 5 участков.

Первый участок находится в интервале температур 25 – 140 °С. На этом участке потери массы составляют 1,0 % от начальной массы. Это связано с удаление свободной воды.

Второй участок находится в интервале температур 140 – 535 °С. Потери на этом участке увеличиваются на 1,2 %. В этом интервале температур на дифференциально-термической кривой наблюдаются эндотермические пики при температурах 210 °С, 315 °С, 405 °С и 490 °С, которые соответствуют процессам удаления адсорбированной воды.

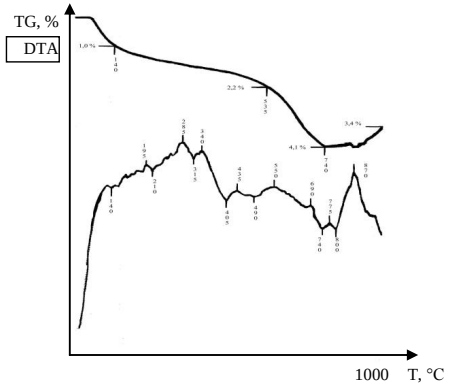


Рис 2. Термогравиметрическая и дифференциально-термическая кривые

На 3 участке (535 – 740 °С) количество потерь увеличивается на 1,9 %. В данном интерва-

ле температур происходит удаление сорбированной воды, с характерными эндотермическими пиками 680 °С и 740 °С.

На 4 участке (740–910 °С) происходит незначительное увеличение массы, но наличие эндотермического пика при 800 °С, дает возможность предположить о процессе удаления групп OH^-. Такое предположение можно выдвинуть основываясь на технологическом прошлом шлака. Данный шлак проходил процесс грануляции в воде при условиях достаточных для образования структурных групп OH^-. Процесс окисления характеризуется экзотермическим пиком при температуре 775 °С. Наложение двух противоположных явлений и приводит к незначительному изменению потерь в данном температурном интервале.

На 5 участке 910–1000 °С происходит процесс окисления, при этом масса увеличивается на 0,7 %.

На основе полученных данных был сделан вывод, что при использовании составов 1 и 2 необходимо ускорение процесса спекания или шлак предварительно должен быть подвергнут термической обработке. Одним из способов ускорения процесса спекания, без изменения химического состава, является уплотнение смеси шлака и стеклобоя. Данные составы были спрессованы на гидравлическом прессе при давлениях 15, 20, 30 МПа. Таким образом, что при подборе используемого шлака следует учитывать количество летучих компонентов в составе шлака, которые в свою очередь будут влиять на технологические особенности получения пеностекла.

Результаты исследований подтверждают, что кристаллизация является фактором, тормозящим и останавливающим процесс вспенивания, который следует учитывать при разработке составов пеностекла. При этом применение шлаков металлургической промышленности возможно с условием, что шлаки должны обладать нейтральным химическим составом, то есть соотношение модификаторов и стеклообразующих оксидов должно быть равным и иметь в составе аморфную фазу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов Д.Л. Пеностекло – теплоизоляционный материал XXI века // Стекло мира. №2. 2003. С. 69–70.

2. Филиппович Н. И. Экономия топливно-энергетических ресурсов - важнейшее направление повышения эффективности производства // Строительные материалы. 1981. №1 С. 2–4.

3. Бессмертный В.С., Пучка О.В., Степанова М.Н. Инновационные технологии получения пеностекла с покрытиями // Saarbrucken, Germany– Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishig GmbH Co. KG. 2012. 120 с.

4. Лесовик Р.В. Комплексное использование хвостов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов // Горный журнал. 2004. №1. С. 76–77.

5. Мулеванов С.В., Кеменов С.А. Новый способ введения мелового сырья в стекольную шихту// Теория и практика повышения эффективности строительных материалов. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2007. С.177–181

6. Савин В.К. Энергоэкономический анализ элементов наружных ограждающих конструкций и оболочки здания в целом // Стены и Фасады. №4. 2002. С. 9–16.

7. Демидович Б.К. Пеностекло // Минск, Наука и техника. 1975. 229с.

8. Шилл Ф. Пеностекло // Москва : Издательство литературы по строительству. 1965. 307 с.

9. Wolfgang G. Jone naustanchan Glas mittels plasma trahlen / Wolfgang Grafe, Monika Blank, Fred-Gustav Winsman // Silikattechnic. – 1981, V. 5. p. 132–133.

10. Минько Н.И., Пучка О.В., Степанова М.Н. Получение неорганических декоративно-защитных покрытий на поверхности пеностекла [Электронный ресурс. CDROM] // Международная научно-практическая конференция Высокотемпературные материалы и технологии XXI века. М. 2008.

11. Минько Н.И. Пучка О.В., Бессмертный В.С., Мелконян Р.Г. Пеностекло. Научные основы и технология // Воронеж: Изд-во: «Научная книга», 2008. 167 с.

12. Бобкова Н.М., Баранцева С.Е., Трусова Е.Е. Пеностекло на основе отходов промышленного производства // Стекло мира. 2011. №1. С. 60–61.

13. Нагибин Г.Е., Кирко В.И., Колосова М.М. Перспективы использования промышленных отходов в производстве пеностекла // Стекло мира. 2011. №1. С.31

14. Лесовик Р.В. Техногенный песок в дорожном строительстве // Строительные материалы. 2009. №12. С. 48–50.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Бондаренко Ю. А., д-р техн. наук, проф.,
Федоренко М. А., д-р техн. наук, проф.,
Санина Т. М., канд. техн. наук, доц.,
Афонин В. Г., аспирант
Антонов С. И., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИСТЕМА УСТРАНЕНИЯ ВЫБРОСА ПЫЛИ В АТМОСФЕРУ*

KDSM2002@mail.ru

В БГТУ им. В.Г.Шухова на основании научно-исследовательских работ была разработана система устраняющая выброс клинкерной пыли в атмосферу и внедрена на ряде предприятий. Такая система удаления пыли повышает надежность работы уплотнения, исключается выброс пыли из уплотнения в атмосферу, уменьшается количество межремонтных простоев печного агрегата.

Ключевые слова: *цементная вращающаяся печь, уплотнительное устройство, выброс пыли.*

Цементная промышленность является ключевой отраслью комплекса конструкционных материалов. В условиях отсутствия финансирования на реконструкцию и развитие данного сектора экономики его производственные мощности сократились на 15-18 млн. т и составили 70 млн. т, а уровень их износа до 75%. При таких условиях максимальные (пиковые) объемы производства цемента составляют 55-60 млн. т.

До 85% цемента в отрасли производится мокрым способом, являющимся энергоемким, при котором затраты топливно-энергетических ресурсов превышают в 2 раза международные, где основным является сухой способ. Выброс твердых веществ в атмосферу составляет от 100 до 500 мг. на $м^3$, в то время как зарубежные аналоги имеют показатель 20 мг. на $м^3$ [1].

На основании проведённых исследований происхождения и протекания выброса клинкерной пыли было установлено, что значительным фактором этого процесса является отсутствие на печах уплотнительных устройств, которые надежно перекрывают поступление атмосферного воздуха в печь, выброс газов через зазор холодильник-корпус печи имеют высокую надёжность работы при температурах до 500 °С в зоне сухого трения.

Промышленность уплотнительных устройств для вращающихся обжиговых печей не выпускает.

Комплекс такого устройства разработан в БГТУ им. В.Г. Шухова и внедрен на ряде предприятий.

Система устраняющая выброс клинкерной пыли в атмосферу (рис.1) разработана в БГТУ им. В.Г. Шухова на основании научно-исследовательских работ и внедрена на ряде предприятий. Основным узлом этой системы является лепестковое уплотнительное устройство *1*, которое разработано и создано с целью устранения выбросов пыли и вовлечения атмосферного воздуха в печь. На основании проведённых экспериментов была создана комбинированная, опорная бусина, состоящая из сплава алюминия, стальных и графитовых вставок. Решен вопрос об усилии их прижатия к корпусу *5* вращающейся печи, с целью минимального износа и разработан подвижный гибкий корпус из тонкой стали [1, 4]. Такая конструкция позволит устранить вовлечение атмосферного воздуха в печь и выброс пыли. Надежность уплотнения позволила эксплуатировать его до 5 лет в связи с тем, что нагрузку в зоне трения можно регулировать, а тонкие лепестки, при выбросе пламя через зазор *7*, не накапливали тепла, а быстро остывали, в результате чего они не прогорели. Кроме того устранение вовлечения воздуха позволило экономить топливо в связи с отсутствием надобности его подогрева [2].

Поступающая пыль из холодильника попадает в уплотнительное пространство *4* и ссыпается в конический бункер, соединенный трубой с заслонкой *8*. Под действием силы тяжести осевшей пыли, после создания момента преодолевающего момент создаваемый грузами *6*, заслонка открывается и пыль высыпается в смесительную камеру *10* [3], при этом она устанавли-

вается на упор *9* и поступает сигнал на открытие заслонки *11* и воздух вентиляторов поступает в конус *12* и смешиваясь с пылью попадает в холодильник. Чтобы избегать налипания пыли на трубопровод под ним установлен вибратор *14* с электроприводом.

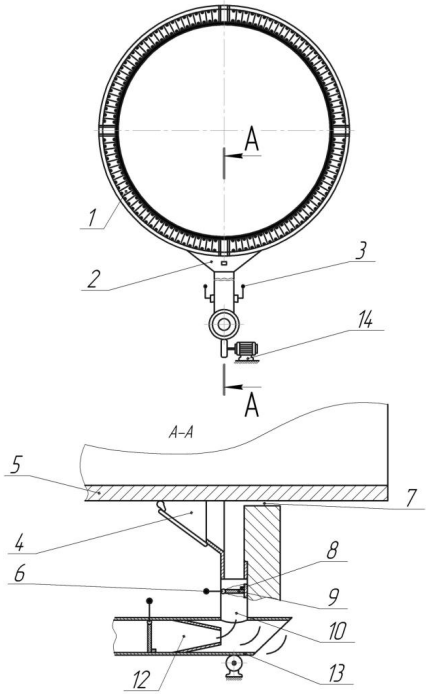


Рис. 1. Система устраняющая выброс клинкерной пыли в атмосферу

Заслонка *8* предотвращает поступление газов и холодильника в подуплотнительное пространство, а заслонка *11* перекрывает поступление воздуха от вентиляторов если закрыта заслонка *8*.

Вибратор состоит из электродвигателя, на валу которого эксцентрик.

Таким образом, применение такой системы устранения пыления вращающейся печи позволяет эксплуатировать уплотнение печи без применения ручного труда по удалению пыли и вывозу её за пределы завода и, как следствие, улучшение экологии.

Конструкция уплотнительного устройства предотвращает подсосы воздуха, что позволяет экономить топливо на обеспечение технологического процесса обжига клинкера.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы, грант А-26/12 от 10.04.2012.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Федоренко М.А.* Лепестковое уплотнительное устройство для цементных вращающихся печей / М.А. Федоренко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – №3 – С. 67–69.

2. Конструктивно-технологические методы и способы восстановления работоспособности цементных вращающихся печей: монография / М.А. Федоренко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007. -195 с.

3. Пат. 121561 Российская Федерация, МПК F 27 B 7/00. Вращающаяся цементная печь / Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Маркова О.В.; заявитель и патентообладатель Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2012110443/15.; заявл. 19.03.12 опубл. 27.10.12. Бюл. № 30. – 2 с.

4. Пат. 106344 Российская Федерация, МПК F 27 B 7/24. Вращающаяся цементная печь / Аулов В.Г., Федоренко М.А., Санина Т.М., Бондаренко Ю.А.; заявитель и патентообладатель Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2010145601/02.; заявл. 09.11.10 опубл. 10.07.11. Бюл. № 19. – 2 с.

Постникова О. А., аспирант,
Лукутцова Н. П., д-р техн. наук, проф.,
Карпиков Е. Г., аспирант,
Петров Р. О., студент
Брянская государственная инженерно-технологическая академия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОДИСПЕРСНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕКОРАТИВНЫХ

lukutzova@bgita.ru

Рассмотрены вопросы получения наночастиц диоксида титана путем диспергирования неорганического пигмента. Исследовалось влияние полученной суспензии на структурные характеристики декоративных цементно-песчаных бетонов

Ключевые слова: *диспергирование, диоксид титана, пигмент, нанотехнологии, наночастицы, декоративный цементно-песчаный бетон, суспензия, структура, гидросиликаты кальция.*

С помощью приема введения наноразмерных частиц в многокомпонентные смеси строительных материалов реализуются эффекты управления структурообразованием, связанные с проявлением наноразмерными частицами роли зародышей структурообразования, подложки для кристаллизации, центров зонирования новообразований в матричной субстанции материала, наноармирующего элемента матрицы [1].

Применение наномодификаторов приводит к преобразованию микроструктуры, что способствует уменьшению капиллярной пористости, количеству микротрещин при гидратации системы, что обеспечивает строительным конгломератам долговечность и надежность [2, 3, 4].

Основной целью работы стало установление возможности изменения структуры декоративного цементно-песчаного бетона, модифицированного нанодисперсной добавкой на основе диоксида титана.

Согласно научным исследованиям [5, 6, 7] нанодисперсные добавки дают возможность получения цементно-песчаных бетонов с улучшенными механическими характеристиками, при введение в их состав от тысячных долей до двадцати процентов наномодификаторов от массы вяжущего.

В исследовании использовали нанодисперсную добавку на основе диоксида титана, полученную диспергированием пигментного порошка с размером частиц 30–45 мкм ультразвуковым методом при частоте волн 34 кГц.

Устойчивость наночастиц TiO_2 в разработанной суспензии обеспечивалось органическим растворителем (гидроксид пентагидродикарбония).

Из структурной формулы гидроксида пентагидродикарбония (этанол):

,

видно, что он имеет ОН группу «не защищенную» другими молекулами. ОН группа имеет электронную плотность α^- и является активной молекулой, которая не позволяет частицам TiO_2 (инертные частицы) образовывать агрегаты.

Вследствие диспергации были получены наночастицы диоксида титана с размером частиц через 3 суток хранения от 10,69 до 86,36 нм, при этом содержание частиц размером 20–60 нм составляет 70 % (рис.1, *а*).

Определено, что в 5-и суточном возрасте, частицы диоксида титана находятся в диапазоне от 42,17 до 187,40 нм, при этом содержание частиц размером 20-60 нм составляет 23 % (рис. 1, *б*).

Таким образом, можно наблюдать агрегацию частиц на 5 сутки, хотя активность наночастиц при этом не изменяется. Из представленных данных следует, что стойкость при хранении (оседание пигмента) составляет трое суток при обеспечении им наиболее эффективных свойств декоративным цементно-песчаным бетонам. Однако при повторном диспергировании пигмента в исследуемом растворителе частицы опять приобретают свой минимальный размер.

Анализ изменения дисперсности разработанной добавки показывает изменение коагулятивной устойчивости с течением времени. Повторная обработка суспензии ультразвуком приводит к редиспергация.

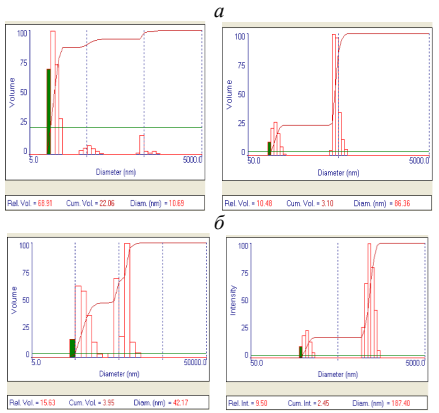


Рис. 1. Гистограммы распределения размеров частиц диоксида титана после УЗД:
а – в возрасте 3 суток; *б* – в возрасте 5 суток

Для оценки прочностных показателей декоративного цементно-песчаного бетона изготавливали образцы-балочки размером 40×40×160 мм. При исследовании использовался ПЦ400 Д0 и намывной кварцевый песок с модулем крупности $M_к$ = 1,5–1,8.

Для подтверждения интенсификации гидратации цементных минералов проводился рентгенофазовый анализ образцов декоративного цементно-песчаного бетона по методу Ритвельда. Указанная методика позволяет уточнять на основе дифракционных данных структурные параметры исследуемого вещества – параметры элементарной ячейки, координаты атомов, степень заселенности атомных позиций и т.д. Кроме того, для полифазных веществ метод Ритвельда позволяет проводить количественный фазовый анализ без эталона [6].

Анализ полученных данных установил (рис. 2)., линии отражения портландита соответствующие контрольному образцу ($d_α$, A°= 2,75, 2,70) имеют большую интенсивность, чем цементная матрица, модифицированная нанодисперсной добавкой на основе диоксида титана, что свидетельствует об уменьшении содержания в цементном камне $Ca(OH)_2$ ($d_α$, A°= 2,63).

Повышение интенсивности эттрингита ($d_α$, A°= 9,81; 3,86; 2,57; 5,62) утверждает об увеличении прочности исследуемого бетона

Дифференциальный анализ (ДТА) показывает поэтапное обезвоживание гидросиликатов кальция. На термограммах (рис. 3) можно наблюдать три эндотермических эффекта в области температур 125–150 °С, 500–525 ºС, 550–575 °С.

Эндотермический эффект в контрольном образце проявляется при температуре 575 ºС в то время как в модифицированном – при 562 ˚С. Вероятно, это связано с повышением основности гидросиликатов кальция. Эндотермические эффекты у гидросиликатов кальция с повышением соотношения CaO:SiO (свыше 1,5) температура дегидратации смещается влево , при понижении этого соотношения ниже 1,5 обезвоживание происходит при более высоких температурах [7]. Согласно полученным данным, в цементном камне, модифицированном нанодисперсной добавкой на основе диоксида титана, образуются более высокоосновные гидросиликаты кальция.

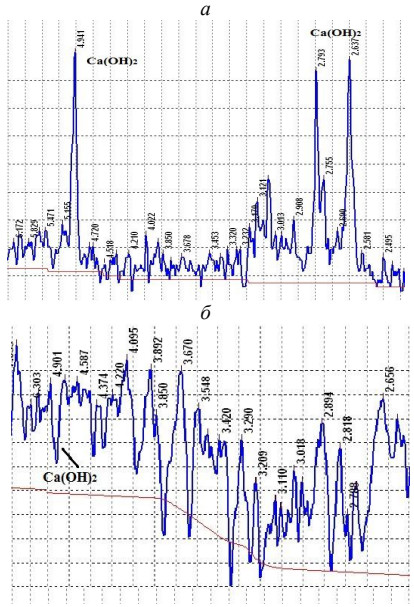


Рис. 2. Рентгенофазовый анализ образцов:
а – контрольный; *б* – модифицированный

Анализ пиков, характерных для портландита на кривых ТГА и ДСК, показывает снижение теплового эффекта на 14 %, а также потери массы – на 27 % для образцов, модифицированных нанодисперсной добавкой на основе диоксида титана по сравнению с контрольным составом, что соответствует увеличению интенсивности пиков гидросиликатов кальция, которые способствуют повышению прочности декоративного цементно-песчаного бетона.

Результаты испытаний структуры цементного камня с нанодисперсной добавкой на основе диоксида титана установили, что в его порах и трещинах находится дополнительное количество новообразований в виде плотных скоплений пластинок, призм, волокон, характерных для гидросиликатов кальция. В то время как цементный камень контрольного образца имеет неоднородную и дефектную структуру, поровая область которого не определяется большим скоплением новообразований.

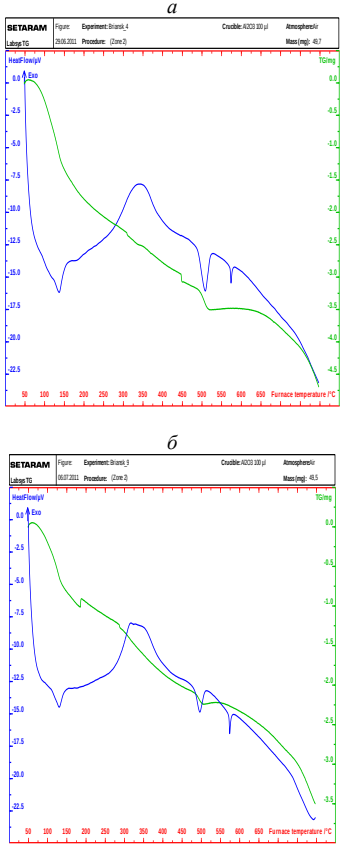


Рис. 3. Спектры ДТА цементной матрицы, кривые ТГА и ДСК:
а – контрольного образца; *б* – модифицированного образца

В цементных системах, модифицированных нанодисперсной добавкой на основе диоксида титана, при оптимальном количестве воды затворения создаются благоприятные условия для формирования межчастичных контактов срастания в стеснённых условиях, обеспечивающих высокую плотность и прочность структуры уже на ранних этапах гидратации. В начальный период твердения в процессе физического и химического связывания воды частицами цемента происходит непропорциональный прирост объема твердой фазы и геометрические размеры частиц увеличиваются при одновременном уменьшении толщины водных прослоек между ними. В структуре происходит активация гидратационных процессов и создается возможность наращивания гидратов. При высоких пересыщениях в наполненной цементной системе и малых зазорах между частицами, в местах контактов вследствие разности пересыщения в зонах контактов и вне их развивается градиент концентрации, способствующий образованию кристаллизационных мостов между смежными частицами приводящих к срастанию частиц и повышению прочности.

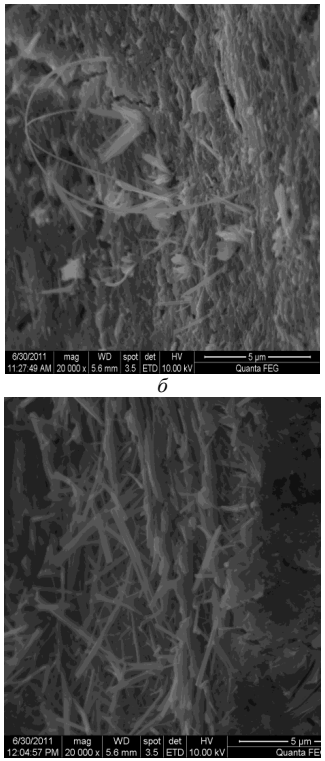
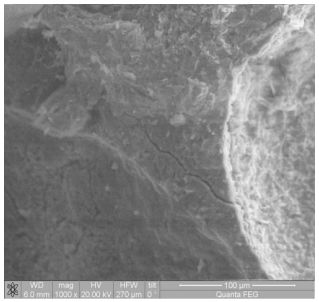


Рис. 4. Микроструктура цементного камня (×20000):
а – контрольный состав; *б* – модифицированный состав

Методом растровой электронной микроскопии установлено различие микроструктуры образцов декоративного модифицированного цементно-песчаного и бездобавочного бетонов. При введении нанодисперсной добавки на основе диоксида титана происходит снижение де-

фектности структуры как видно на рисунке 5. Это возможно объясняется тем, что наночастицы TiO_2 являются мельчайшими центрами кристаллизации, схватывание которых замедляется тонкими пленками поверхностно-активного вещества на поверхности твердой фазы, что способствует дополнительному образованию продуктов гидратации, заполняющих дефекты структуры.

а



б

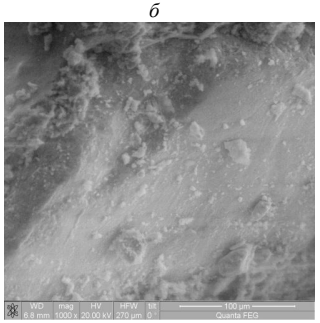


Рис. 5. Микроструктура образцов декоративного цементно-песчаного бетона (×20000): *а* – контрольного; *б* – модифицированного

Анализ полученных данных показал, что нанодисперсная добавка на основе диоксида титана влияет на механизм структурообразования декоративного цементно-песчаного бетона, способствуя образованию более плотной и малодефектной структуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приложения нанохимии в технологии твердофазных строительных материалов: научно-инженерная проблема, направления и примеры реализации / Е.М. Чернышов, О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких, А.И. Макеев, Н.Д. Потамошнева, Г.С. Славчева // Строительные материалы. 2008. № 2. С. 32-35.

2. Lukutzova, N. Decorative mortar based on nanodispersed titanium dioxide / Prof. N. Lukutzova, O. Chudakova // SITA.- Migdal Haemek, 2011. № 1. v. 13p. 32–34.

3. Чудакова, О.А. Влияние наноразмерных частиц диоксида титана на прочностные характеристики строительных растворов // Молодежь и научно-технический прогресс: Сбор. трудов, Выпуск I.- Брянск: БГИТА, 2010.С. 207-210.

4. Пат. 114904 Российская Федерация, МПК B28C 9/00. Технологическая линия производства изделий декоративно-архитектурного назначения / Лукутцова Н.П., Ахременко С.А., Чудакова О.А., Карпиков Е.Г. ; заявитель и патентообладатель Брянская гос. инж.-техн. академия. – № 2011138245 ; заявл. 16.09.11 ; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11. 3 с. : ил.

5. Наномодифицированный мелкозернистый бетон / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева, А.А. Пыкин, О.А. Чудакова // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов: материалы V Международной научно-технической конференции, г. Волгоград, 23-24 апреля 2009 г. Часть I. – Волгоград: Волг-ГАСУ, 2009. С. 166-170.

6. Чудакова, О.А. Нанодисперсная добавка диоксида титана – усиление прочности строительных композитов // Достижения молодых ученых в развитии инновационных процессов в экономике, науке, образовании: материалы Международной научно-практической конференции. - Брянск: Изд-во БГТУ, 2010. С. 279-280.

7. Структурирование ангидритовой матрицы нанодисперсными модифицирующими добавками / И.С. Маева, Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.Ф. Бурьянов, А.П. Пустовгар // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 4–5.

8. Некоторые возможности применения полнопрофильного РФА в задачах строительного материаловедения / И.В. Жерновский, В.В. Строкова, Е.В. Мирошников, А.Б. Бухало, Н.И. Кожухова, С.С. Уварова // Строительные материалы. 2010. №3. С. 102–105.

9. Структуризация цементных вяжущих матриц многослойными углеродными нанотрубками / Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, И.А. Пудов, И.Г. Дулесова, А.Ф. Бурьянов, М. Сабер // Строительные материалы. 2011. №11. С. 22–24.

Михайленко Т. Г., канд. ист. наук, доц.,
Юго-Западный государственный университет
Логачев К. И., д-р техн. наук, проф.,
Редькин Г. М., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О НАПРЯЖЁННОМ СОСТОЯНИИ ПРОКАТНЫХ ШИРОКОПОЛОЧНЫХ И СВАРНЫХ ДВУТАВРОВ ДО И ПОСЛЕ ПРИВАРКИ К НИМ РЁБЕР ЖЁСТКОСТИ

mihailenko62@mail.ru

Уровень остаточных напряжений в прокатных широкополочных двутаврах, применяемых в различных строительных конструкциях, весьма велик. Поэтому приварка к ним дополнительных рёбер жёсткости вызывает опасения из-за суммирования значения остаточных напряжений от прокатки и сварки. Расчётом установлено, что при этом в стенке прокатного двутавра может быть превышен предел текучести на сжатие. Для сварных двутавров приварка рёбер жёсткости не опасна, так как уровень напряжений изготовления (сжатия) в стенке невелик.

Ключевые слова: *прокатные широкополочные двутавры, сварные двутавры, рёбра жёсткости, остаточные напряжения.*

Прокатные широкополочные двутавры достаточно распространены в строительстве. Они могут применяться как балки (в строительстве и мостостроении), в качестве колонн. Из тавров, полученных роспуском широкополочных двутавров, изготавливаются пояса ферм. В практике могут встречаться случаи, когда необходима приварка рёбер жёсткости как к стенке, так и к полкам прокатных широкополочных двутавров. СНиП «Стальные конструкции» [1] не уделяет внимания такому конструктивному решению. Однако в СНиП «Мосты и трубы» в п. 8.143 [2] и п. 4.144. [3] говорится о том, что при применении сложных прокатных профилей (швеллеров, тавров и двутавров, в том числе с параллельными гранями полок) устройство с помощью сварки поперечных стыков и прикреплений к узлам не допускается. В продолжении п.4.144 более ранней редакции СНиП записано то, что в конструкциях мостов допускается применение приварки узловых фасонок и фасонок связей к стенке профилей с осуществлением мероприятий по снижению концентрации напряжений у концов фасонок, а также приварки ребер жесткости — только к стенке двутавров и тавров. Этого продолжения не имеется в актуализированной редакции СНиП «Мосты и трубы». Вообще существует мнение, что при применении прокатных профилей желательно не применять к ним дополнительных технологических операций, в частности сварку, из-за большого уровня остаточных напряжений от прокатки. В сварных двутаврах также очень высок уровень остаточных напряжений. Однако к ним не опасаются приваривать любые рёбра жёсткости – и продольные, и поперечные, о чём говорится, например, в пп. 8.134,8.135,8.136 [2]. Рассмотрим и сравним поля остаточных напряжений в прокатных двутаврах и в сварных с размерами, аналогичными прокатным [4].

Образование полей остаточных напряжений в прокатных балках обусловлено технологией их изготовления, включающей в себя три основных этапа: прокатка, охлаждение, правка. Разность температур по сечению двутавра после прокатки и в процессе охлаждения является одним из основных факторов, определяющих величину остаточных напряжений и деформаций профиля. Отсюда следует, что задача определения остаточных напряжений в горячекатаных профилях сводится к решению задачи термоупругопластичности для момента времени, соответствующему полному охлаждению двутавра. Решение этой задачи изложено в [5].

Интенсивность охлаждения двутавров после прокатки зависит от их расположения на холодильниках стана. При горизонтальном расположении стенки профиля охлаждаются более интенсивно, чем полки. При вертикальном расположении двутавров на холодильнике прокатного стана происходит взаимный обогрев стенок, и скорость их охлаждения уменьшается, что способствует уменьшению величины остаточных напряжений.

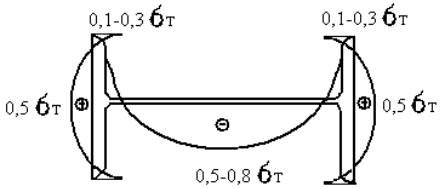


Рис. 1. Вид эпюры остаточных напряжений в прокатном двутавре, охлаждённом с горизонтальной стенкой

Эпюра остаточных напряжений на рис.1 демонстрирует продольные остаточные напряжения. Исследованию поперечных напряжений почти не уделяется внимание [5, 6]., т.к. они на порядок меньше продольных.

Вид эпюр продольных остаточных напряжений в прокатных двутаврах отечественного сортамента однотипен, а именно: центр стенки сжат, центр полки растянут. В переходной области от стенки к полке существуют напряжения растяжения. Очертания эпюр плавные, в них не наблюдается скачков напряжений. По абсолютным значениям остаточные напряжения в среднем равны $0{,}5\sigma_т$, но иногда могут приблизиться к пределу текучести и достигать 80% его значения. Данные по остаточным напряжениям в прокатных двутаврах приведены в табл.1.

Таблица 1.

Остаточные напряжения в прокатных двутаврах [6].

Профиль	Остаточные напряжения, МПа			
	В центре стенки «-«		В центре полки «+»	
	расчёт	эксперимент	расчёт	эксперимент
20Б1	-	-100	-	90
30Б1	-190	-223	183	112
60Б1	-239	-300	186	193
70Б1	-192	-187	187	128
100Б1	-221	-196	173	151

Для того, чтобы получить данные по остаточным напряжениям в сварных балках с размерами, аналогичными прокатным, сварные балки были рассчитаны [4] графоаналитическим методом МКМ (металлические конструкции МИСИ), разработанным проф. В.С.Игнатьевой [7].

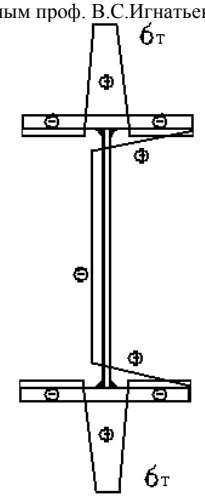


Рис. 2. Вид эпюры остаточных напряжений в сварном двутавре

Распределение остаточных напряжений от сварки по сечению балки очень неравномерно (см. рис.2). В тех местах, где проходит сварной шов и рядом с ним (в центре полки и в месте соединения полки со стенкой) остаточные напряжения от сварки достигают предела текучести (знак напряжений «+» - растяжение), а на концах полок и в стенке сжимающие напряжения меньше предела текучести в 3-6 раз. Вблизи от шва остаточные напряжения меняют свой знак почти скачкообразно. Данные по остаточным напряжениям в сварных двутаврах приведены в табл.1.

Таблица 2.

Остаточные напряжения в сварных двутаврах с размерами, аналогичными прокатным [4].

Профиль	Остаточные напряжения, МПа	
	В центре стенки «-»	В центре полки «+»
198x100x5,2 /7,6 (20Б1)	-116,1	315
298x140x5,8 / 8,5 (30Б1)	-77	315
594x230x10 / 15,4 (60Б1)	-58,8	315
694x260x11,5 /15,5 (70Б1)	-50,4	315
990x320x15,5 /21 (100Б1)	-48,1	315

Если рассматривать такие области профиля, как часть стенки ближе к центру, середина полки, края полок и переходную область от стенки к полке, то видно, что знак остаточных напряжений и в прокатных, и в сварных балках один и тот же, а именно «+» - в центре полки и в переходной области (растяжение), «-« - на краю полки и в середине стенки (сжатие). Если же сравнивать эпюры в целом, то очертания эпюр остаточных напряжений в прокатных балках более плавные. В сварных балках там, где прошёл сварной шов и рядом напряжения достигают предела текучести, в прокатных этого не наблюдается. Зато в прокатных балках сжимающие напряжения в стенке и на концах полок больше по абсолютной величине.

Остаточные напряжения от сварки образуются в металле, нагретом выше изотермы пластичности 600ºС. Образование остаточных напряжений происходит в момент остывания шва до 600ºС. Таким образом, если приваривать рёбра жёсткости к сварным или прокатным двутаврам, то в месте приварки исходное поле остаточных напряжений снимается, и его можно не учитывать. Однако жёсткость контура конструкции балки способствует образованию дополнительных деформаций и напряжений.

Учесть влияние жёсткости полок на стенку и наоборот, жёсткости стенки на полку можно упрощённым способом [8]. Так как ширина развития области пластических деформаций невелика, то решением данной задачи можно получить напряжения в стенке почти по всему отсеку балки между рёбрами жёсткости. Для этого достаточно знать тепловую нагрузку и геометрические размеры балки. Сокращение размеров отсека балки, ограниченного рёбрами, происходит в соответствии с изменением температуры.

Величину укорочения стенки ε_w, считая её свободной от закреплений, можно определить [9] как

$$\varepsilon_w = \alpha_T \int_{-\infty}^{+\infty} T(y)dy = \alpha_T \frac{Q}{c \cdot \gamma}, \qquad (1)$$

где α_T - температурный коэффициент линейного расширения, T(y) – температура нагрева стенки балки, Q – тепловая нагрузка, $c \cdot \gamma$ – удельная объёмная теплоёмкость.

Наличие зоны пластических деформаций, развившихся в момент времени. соответствующий 600ºС на оси шва в том месте, где приваривается ребро, увеличивает деформацию (укорочение) примерно на 20%. Тогда укорочение стенки ε_w можно определить как

$$\varepsilon_w = 1{,}2 \cdot \alpha_T \int_{-\infty}^{+\infty} T(y)dy = 1{,}2 \cdot \alpha_T \frac{Q}{c \cdot \gamma} \qquad (2)$$

Найдём силу N_w, обжимающую стенку

$$N_w = E \cdot \varepsilon_w \cdot A_w \qquad (3)$$

где E – модуль упругости, A_w – площадь стенки в пределах шва в месте приварки ребра жёсткости.

Деформации полок от силы N_w

$$\varepsilon_f = \frac{N_w}{2 \cdot A_f \cdot E}, \qquad (4)$$

где A_f – площадь полки.

Деформации стенки с учётом разгрузки её полками определятся как

$$\varepsilon_{w1} = \varepsilon_w - \varepsilon_f \qquad (5)$$

Напряжения в стенке, возникшие из-за того, что её держала полка

$$\sigma_w = \varepsilon_{w1} \cdot E = (\varepsilon_w - \varepsilon_f) \cdot E \qquad (6)$$

Дополнительные напряжения, возникающие в балке из – за жёсткости контура, не слишком велики. Так, для профиля 60Б1 напряжения сжатия стенки равны 47 МПа. Для расчёта были применены следующие исходные данные: предел текучести 315МПа, длина отсека 80см, приварка рёбер осуществляется в следующем режиме сварки: сила тока 480А, напряжение 34В, скорость процесса 31м/час. Если суммировать остаточные напряжения в стенке прокатного двутавра из-за приварки к ней ребра жёсткости с уже имеющимися напряжениями изготовления, то может быть превышен предел текучести на сжатие. Это может вызвать негативные последствия при работе балок из прокатных широкополочных двутавров. В их сжатой области возможно образование трещин. Для сварных двутавров приварка рёбер жёсткости не опасна, так как уровень напряжений изготовления (сжатия) в стенке невелик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II -23-81* / Минрегион России. М., 2011.173с.

2. СП 35.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84 / Минрегион России. М., 2011. 347с.

3.СНиП 2.05.03-84 (с изм. 1 1991) Мосты и трубы / Госстрой России. М. 2004. – 213с.

4.Михайленко Т.Г. Сравнение остаточных напряжений в прокатных балках и в сварных с размерами, аналогичными прокатным. Деп. в ВИНИТИ. №2660 В 2001 от 25.12.2001. – 12с.

5.Поздеев А.А., Няшин Ю.И., Трусов П.В. Остаточные напряжения. Теория и приложения. М. Наука, 1982. – 110с.

6.Скороходов А.Н., Зудов е.Г., Киричков А.А.. Петренко Ю.П. Остаточные напряжения в профилях и способы их снижения. М. Металлургия, 1985. -184с.

7.Игнатьева В.С., Парлашкевич В.С., Смирнов В.Г. Инженерная методика расчёта остаточных деформаций сварных двутавровых балок и колонн. Сб. трудов Московского инженерно – строительного института. М. 1975. – С.129 – 137.

8.Михайленко Т.Г. Определение напряжений в стенке балки при приварке к ней рёбер с учётом жёсткости полок. Тезисы докладов юбилейной конференции учёных Курского политехнического института. Курск.1994.– С.155 – 156.

9.Игнатьева В.С., Вершинин В.П., Барышев В.М. Влияние остаточных сварочных напряжений на местную устойчивость стенки балки. Сб. трудов Московского инженерно – строительного института. М. 1985. – С.91-103.

Бабаев. В. Б., аспирант,
Строкова В. В., д-р техн. наук, проф.,
Нелюбова В. В., канд. техн наук, доц.,
Савгир Н. Л., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ЩЕЛОЧЕСТОЙКОСТИ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ В ЦЕМЕНТНОЙ СИСТЕМЕ*

sphinx-sx@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по изучению щелочной стойкости базальтового волокна, используемого для микроармирования цементных систем. Предложена методика изучения щелочестойкости, основанная на моделировании процессов, протекающих в среде цементного камня.

Ключевые слова: *коррозионная стойкость, базальтовое волокно, щелочь, цементный камень, микроармирование, фибра.*

В настоящее время потенциал дисперсного армирования полностью не реализуется, ввиду малой эффективности, или из-за чрезвычайно высокой стоимости компонентов для микроармирования бетонов. Существуют ряд непреодолимых факторов, ограничивающих использование этих компонентов в массовом строительстве, в числе которых малая удельная поверхность, невысокая адгезия к цементному камню или высокая стоимость этих материалов. Очевидно, что наиболее эффективным компонентом для микроарамирования цементоных композитов, может стать базальтовое волокно. Это связано с его природными свойствами, простотой производства, химическим сродством с цементным камнем, а так же высокими прочностными характеристикам.

Однако, вопрос о разрушении базальтового волокна в агрессивных средах достаточно неоднозначен и в настоящее время в отрасли строительного материаловедения существуют крайне противоположные точки зрения о влиянии агрессивной среды на структуру и поверхность волокна [1–7].

Учеными установлено, что снижение прочности различных по химическому составу стеклянных и базальтовых волокон после воздействия на них щелочных сред в течение некоторого времени, является результатом сложных многостадийных физико-химических процессов взаимодействия компонентов стекла с окружающей его водной щелочной средой. Первым и самым быстрым (а иногда основным) из этих процессов является адсорбция воды и других составляющих агрессивной среды на поверхности волокна, которая, как правило, является довольно развитой [9]. Адсорбционное заполнение дефектов поверхности волокон (пор, микротрещин) жидкой агрессивной средой сопровождается существенным снижением прочности волокна (эффект Ребиндера). Параллельно протекают и более медленные реакции, приводящие к растворению всех или части оксидных компонентов стекла или базальта, в основном кремнеземного каркаса [9, 10].

Согласно модели, предложенной учеными [11–12], быстрое старение ровингов в щелочной среде связано в основном с удалением (отмывкой) замасливателя и быстрым протеканием процессов адсорбции агрессивной среды на дефектах поверхности волокон (в порах и микротрещинах), приводящих к снижению их прочности (разрушающей нагрузки). Адсорбционные процессы на поверхности волокон и соответствующее снижение разрушающей нагрузки подчиняются кинетическому закону первого порядка [13–15]. На этом этапе старения потери массы и уменьшения диаметра волокон за счет химического растворения собственно базальта незначительны и их вкладом в снижение прочности можно пренебречь [16–17].

В настоящее время в нормативной литературе отсутствует описание методики испытаний волокон на щелочестойкость.

В связи с этим для определения коррозионной стойкости базальтового волокна в щелочной среде, в работе предложено опытное моделирование естественных процессов, протекающих в течение гидратации цементного камня в сопряжении с процессами изменения поверхностной структуры базальта. В качестве способа эмпирического контроля за состоянием повреждения распушенного базальта, использовалось сравнение остаточной массы проб волокна.

Как было установлено ранее [18], канцерогенные волокна наиболее устойчивые в щелочных средах, следовательно, могут быть использованы в цементных композициях более эффективно, тогда как более основные волокна могут быстрее взаимодействовать с агрессивными растворами. Установлено, что базальтовое волокно ООО «Машзавод БАСК» [18] обладает повышенными исходными свойствами, связанными с более крупным строением и оптимальным соотношением химического состава. Это означает, что растворение этих волокон будет происходит послойно без заметной диффузии катионов из объёма образца.

Стоит отметить, что для достижения оптимального пластично-агрегатного состояния микроармирующего компонента в смеси, следует отбирать исходные компоненты с оптимальным соотношением длины и диаметра [10]. Это так же подтверждает целесообразность выбора базальтового волокна производства ООО «Машзавод БАСК» (рис. 1).

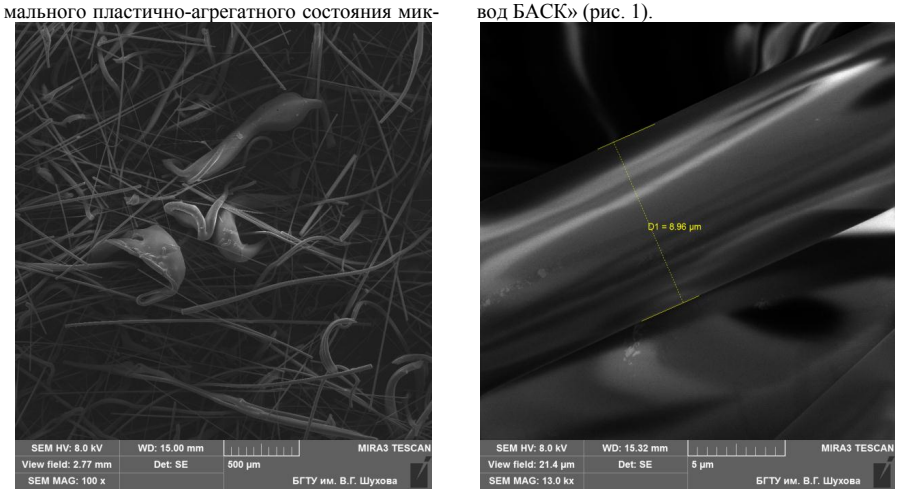


Рис. 1. Общий вид базальтового волокна производства ООО «Машзавод БАСК»

В качестве агрессивной щелочной среды использовали цементное молочко, характеризующееся достаточной щелочной средой (pH = 11,9). В указанный раствор вводилось распушенное волокно. Концентрация базальтового волокна в растворе соответствовала оптимальному содержанию фибры в цементом композите. Данное соотношение позволяет с уверенностью предполагать, что в процессе растворения базальтовых волокон в цементном молочке при соблюдении постоянства условий замкнутости опытной системы, концентрации свободных ионов водорода в среднем не будет колебаться выше границ 1–5% , что не отразится на агрессивности щелочной среды даже в длительный промежуток времени.

Образцы подвергли выдержке при комнатной температуре на 7, 14, 28, 72 сутки. По истечению срока выдержки для удаления остатков цементных составляющих волокно промывали слабым раствором серной кислоты 0,1% через фильтровальную бумагу. Для удаления посторонних примесей в последствии образец промывали 1 л дистиллированной воды. Далее оставшееся на фильтровальной бумаге базальтовое волокно просушивали при комнатной температуре. Растворимость волокна определяли по разности масс первоначальной навески и сухого остатка в результате выдержки в щелочной среде; потерю массы выражали в процентах (табл. 1).

Таблица 1

Результаты исследования щелочной стойкости базальтового волокна

№	Время испытания, сут	Масса исходная, гр.	pH исх.	Масса после выдержки	Раств., %	pH после выдержки	Цвет
1	7	4,87	11,9	4,22	13,4	11,9	норм
2	14	5,12	11,9	3,67	28,3	11,5	норм
3	28	5,06	11,9	3,49	30,9	11,5	слабо-осветл.
4	72	4,96	11,9	2,04	58,8	11,3	осветл.

В процессе наблюдения на 7 сутки на поверхности волокна обнаружилось незначительное выпадение белого осадка, вероятно, связанное с кристаллизацией CaO на ороговевшей поверхности базальта. В период с 14 до 28 суток в результате утоньшения более мелких ворсинок волокна общая масса базальта виде сгустка постепенно рассыпалась с медленным осаждением мелких частиц волокна (до 20 %). На 28 сутки количество белого осадка возросло, и покрывало собой уже все наиболее крупные волокна. При осмотре образца на 72 сутки обнаружено изменение цвета поверхности волокна – от слабо-

осветленного для малых ворсинок, до серого для более крупного волокна.

Последующая медленная стадия разрушения связана с химическим растворением волокон, протекающем на поверхности в диффузионно-контролируемом режиме, т. е. в условиях внешней диффузионно-кинетической области, что подтверждает проведенные ранее исследования [19–20].

Установлено, что изменение pH цементного раствора существенно зависит от времени нахождения в нем образцов волокна. Так, на 7 сутки прирост pH не зафиксирован, на 14 – отмечено уменьшение на 2 %, и в период с 28 до 72 суток достиг уменьшения на 4,3% относительно исходного. Полученные изменения значений pH находится в пределах значения прогнозируемой нормы.

Анализ микроструктуры базальтового волокна, выдержанного в щелочной среде в течение 28 суток показал существенное влияние щелочной среды на его структуры. Волокна в исходном состоянии характеризуется гладкой поверхностью без существенных дефектов на поверхности (рис. 2, *а*, *б*). Активность фибры в щелочной среде приводит к корродированию ее поверхности. При этом общая цельность волокна не нарушена. Такая структура волокна будет способствовать лучшей адгезии цементного камня.

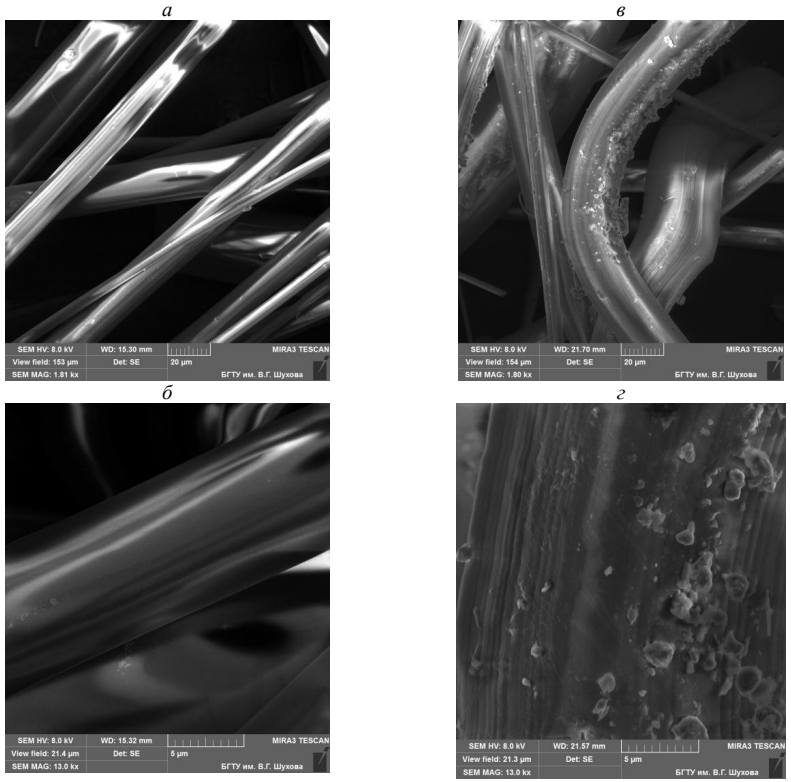


Рис. 2. Микроструктура базальтового волокна

а, *б* – в исходном состоянии; *в*, *г* – выдержанное в щелочной среде в течение 28 суток

(Исследования выполнены с помощью растрового электронного микроскопа с системой энергодисперсионного микроанализа Tescan в Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова)

Отмечено образование кристаллических форм новообразований на поверхности корродированного волокна. Это свидетельствует о том, что при введении в цементный камень ювенильная поверхность корродированного волокна будет выступать в роли центров кристаллизации.

В результате исследований установлено, что волокно, находящееся в растворе в течение гидратации цемента, характеризуется достаточной щелочестойкостью. Однако, как отмечено

по результатам исследований, длительное хранение (72 дня) фибры в растворе способствует ее растворению.

Таким образом, дальнейшее изучение процессов протекающих в концентрированных растворах, моделирующих поведение волокна в структурах, аналогичных естественным или гиперболизированным, является целесообразным и обоснованным. Так, очевидным решением проблемы растворения волокна может стать поиск различных способов модификации базальтового волокна, как путем воздействия на технологический процесс производства, так и на пост-производтсвенную обработку, модификацию или изменение структуры. Авторы данной статьи уверены, что при обеспечении надлежащего контроля за изучением всех вышеперечисленных условий к производству и получению волокна, в дальнейшем позволит вывести на рынок высокопрочный, недорогой и перспективный строительный материал

Данная работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: соглашение 14.B37.21.1218, программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; РФФИ, договор № 12-08-97603.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клюев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна // Бетон и железобетон. – 2011. – № 3. – С. 7–9.

2. Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L. Basalt fibers as reinforcement for composites // Van de Department of Textiles, Ghent University, Technologiepark 907. – B-9052 Zwijnaarde.

3. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 1. – С. 52 – 55.

4. Кнотько А.В., Путляев В.И., Иванов В.К., Гаршев А.В., Третьяков Ю.Д. Химические процессы при термообработке базальтового волокна // Сборник трудов Строительное материаловедение – теория и практика. Всероссийская научно-практическая конференция. – Москва. – 2006.

5. Клюев С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – №8(34). – С. 61 – 66.

6. Юрьев А.Г., Лесовик Р.В., Панченко Л.А. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием техногенного песка // Известия высших учебных заведений. – Строительство. – 2008. – № 11. – С. 121 – 125.

7. Клюев С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – № 4. – С. 71 – 75.

8. Клюев С.В. Ползучесть и деформативность дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 85.

9. Асланова М.С., Колесов Ю.И., Хазанов В.Е. Стеклянные волокна. – М.: Химия, 1979. – С. 597 – 604.

10. Пащенко А.А., Сербин В.П. Физико-химические основы композиции неорганическое вяжущее – стекловолокно // Вища школа. – Киев. – 1979 – 224 с.

11. Артеменко С. Е., Волков Ю. П., Васильева О. Г., Байбурин В. Б., Кадыкова Ю. А., Леонтьев А. Н. Заводская лаборатория // Диагностика материалов. – 2003. – Т. 69. – № 11. – С. 36–39.

12. Гончарова Т.П., Артеменко С.Е., Кадыкова Ю.А. Фиброконструкционные изделия // Перспективные материалы. – 2007. – № 1. – С. 66—68.

13. Даленкевич А.А., Гумаргалиева К.С., Мараховской С.С., Суханова А.В. Современные базальтовые волокна и полимерные композиционные материалы на их основе // Конструкции из композиционных материалов. – 2010. – №3.

14. Розенталь Н.К., Чехний Г.В. Коррозионно-стойкие бетоны особо малой проницаемости // Бетон и железобетон. – 1988. – №1. – С. 27 – 29.

15. R.F. Cooper, J.B. Fanselow, D.B. Poker. Geocbim.CosmocbimActa, 1996, v.60.N17.p3253-3256.

16. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых изделий и волокон. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 407 с.

17. Пащенко А.А. Использование стеклянных волокон для армирования неорганических вяжущих. – Киев. – 1976.

18. Кнотько А.В., Гаршев А.В., Давыдова И.Б., Путляев В.И., Иванов В.К., Третьяков Ю.Д. Химические процессы при термообработке базальтового волокна // Коррозия: материалы, защита. – 2007. – №3.

19. Моисеев Ю.В., Заиков Г.Е. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах // Химия – М.:, 1977. – С. 162–165.

20. Франк-Каменецкий М. Д. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1967. – 486 с.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Бондаренко Ю. А., д-р техн. наук, проф.,
Федоренко М. А., д-р техн. наук, проф.,
Санина Т. М., канд. техн. наук, доц.,
Афонин В. Г., аспирант
Антонов С. И., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИСТЕМА УСТРАНЕНИЯ ВЫБРОСА ПЫЛИ В АТМОСФЕРУ*

KDSM2002@mail.ru

В БГТУ им. В.Г.Шухова на основании научно-исследовательских работ была разработана система устраняющая выброс клинкерной пыли в атмосферу и внедрена на ряде предприятий. Такая система удаления пыли повышает надежность работы уплотнения, исключается выброс пыли из уплотнения в атмосферу, уменьшается количество межремонтных простоев печного агрегата.

Ключевые слова: *цементная вращающаяся печь, уплотнительное устройство, выброс пыли.*

Цементная промышленность является ключевой отраслью комплекса конструкционных материалов. В условиях отсутствия финансирования на реконструкцию и развитие данного сектора экономики его производственные мощности сократились на 15-18 млн. т и составили 70 млн. т, а уровень их износа до 75%. При таких условиях максимальные (пиковые) объемы производства цемента составляют 55-60 млн. т.

До 85% цемента в отрасли производится мокрым способом, являющимся энергоемким, при котором затраты топливно-энергетических ресурсов превышают в 2 раза международные, где основным является сухой способ. Выброс твердых веществ в атмосферу составляет от 100 до 500 мг. на м^3, в то время как зарубежные аналоги имеют показатель 20 мг. на м^3 [1].

На основании проведённых исследований происхождения и протекания выброса клинкерной пыли было установлено, что значительным фактором этого процесса является отсутствие на печах уплотнительных устройств, которые надежно перекрывают поступление атмосферного воздуха в печь, выброс газов через зазор холодильник-корпус печи имеют высокую надёжность работы при температурах до 500 °С в зоне сухого трения.

Промышленность уплотнительных устройств для вращающихся обжиговых печей не выпускает.

Комплекс такого устройства разработан в БГТУ им. В.Г. Шухова и внедрен на ряде предприятий.

Система устраняющая выброс клинкерной пыли в атмосферу (рис.1) разработана в БГТУ им. В.Г. Шухова на основании научно-исследовательских работ и внедрена на ряде предприятий. Основным узлом этой системы является лепестковое уплотнительное устройство *1*, которое разработано и создано с целью устранения выбросов пыли и вовлечения атмосферного воздуха в печь. На основании проведённых экспериментов была создана комбинированная, опорная бусина, состоящая из сплава алюминия, стальных и графитовых вставок. Решен вопрос об усилии их прижатия к корпусу *5* вращающейся печи, с целью минимального износа и разработан подвижный гибкий корпус из тонкой стали [1, 4]. Такая конструкция позволит устранить вовлечение атмосферного воздуха в печь и выброс пыли. Надежность уплотнения позволила эксплуатировать его до 5 лет в связи с тем, что нагрузку в зоне трения можно регулировать, а тонкие лепестки, при выбросе пламя через зазор *7*, не накапливали тепла, а быстро остывали, в результате чего они не прогорели. Кроме того устранение вовлечения воздуха позволило экономить топливо в связи с отсутствием надобности его подогрева [2].

Поступающая пыль из холодильника попадает в уплотнительное пространство *4* и ссыпается в конический бункер, соединенный трубой с заслонкой *8*. Под действием силы тяжести осевшей пыли, после создания момента преодолевающего момент создаваемый грузами *6*, заслонка открывается и пыль высыпается в смесительную камеру *10* [3], при этом она устанавливается на упор *9* и поступает сигнал на открытие заслонки *11* и воздух вентиляторов поступает в конус *12* и смешиваясь с пылью попадает в холодильник. Чтобы избегать налипания пыли на трубопровод под ним установлен вибратор *14* с электроприводом.

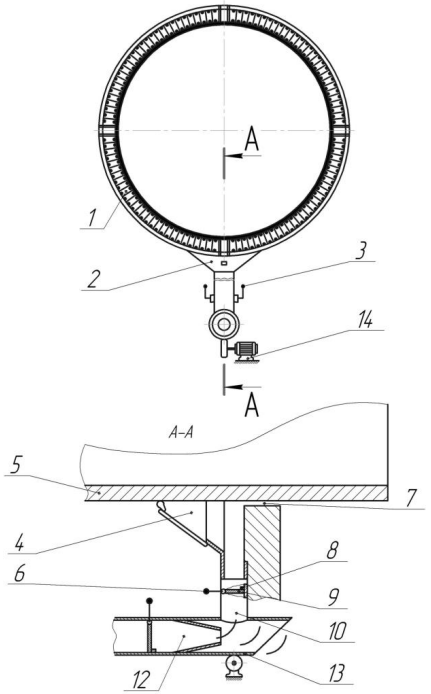


Рис. 1. Система устраняющая выброс клинкерной пыли в атмосферу

Заслонка *8* предотвращает поступление газов и холодильника в подуплотнительное пространство, а заслонка *11* перекрывает поступление воздуха от вентиляторов если закрыта заслонка *8*.

Вибратор состоит из электродвигателя, на валу которого эксцентрик.

Таким образом, применение такой системы устранения пыления вращающейся печи позволяет эксплуатировать уплотнение печи без применения ручного труда по удалению пыли и вывозу её за пределы завода и, как следствие, улучшение экологии.

Конструкция уплотнительного устройства предотвращает подсосы воздуха, что позволяет экономить топливо на обеспечение технологического процесса обжига клинкера.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы, грант А-26/12 от 10.04.2012.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Федоренко М.А.* Лепестковое уплотнительное устройство для цементных вращающихся печей / М.А. Федоренко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – №3 – С. 67–69.

2. Конструктивно-технологические методы и способы восстановления работоспособности цементных вращающихся печей: монография / М.А. Федоренко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007. -195 с.

3. Пат. 121561 Российская Федерация, МПК F 27 B 7/00. Вращающаяся цементная печь / Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Маркова О.В.; заявитель и патентообладатель Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2012110443/15.; заявл. 19.03.12 опубл. 27.10.12. Бюл. № 30. – 2 с.

4. Пат. 106344 Российская Федерация, МПК F 27 B 7/24. Вращающаяся цементная печь / Аулов В.Г., Федоренко М.А., Санина Т.М., Бондаренко Ю.А.; заявитель и патентообладатель Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2010145601/02.; заявл. 09.11.10 опубл. 10.07.11. Бюл. № 19. – 2 с.

Порхало В. А., аспирант,
Рубанов В. Г., д-р тех. наук, проф.,
Шаптала В. Г., д-р тех. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕЧИ ОБЖИГА КЛИНКЕРА НА ОСНОВЕ КАСКАДНОЙ И МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

porhalo@mail.ru

Выделены значимые управляемые и управляющие параметры технологического объекта печь обжига клинкера, построена автономная система многосвязного объекта и каскадная систем управления, проведено моделирование, переходные процессы отражают достаточное качество отработки возмущений.

Ключевые слова: *клинкер, обжиг, печь, управление, каскадная система, многосвязный объект.*

В промышленности строительных материалов имеется большое количество технологических процессов, где необходимо управлять сложными многосвязными объектами, а их системы регулирования оказываются взаимосвязанными[1]. Многосвязными называются объекты с несколькими входами и выходами, взаимно связанными между собой. В тех случаях, когда в рамках одноконтурных АСР не удается достичь в объекте требуемых показателей качества регулирования той или иной технологической величины прибегают к построению более сложных систем, например, каскадных, автономных систем, систем с переменной структурой, систем с бесконечно большим коэффициентом усиления и др.

Одним из таких сложных многосвязных объектов в промышленности строительных материалов является цементная печь обжига клинкера. Если проанализировать цементную печь как взаимосвязный объект управления, можно выделить следующие значимые управляющие и управляемые сигналы (рис.1): Q_{gaz} – количество газа(топлива), подаваемого в печь; H_1, H_2 – положение шиберов дымососов; $T_{ог}$, $P_{ог}$ – температура и давление отходящих газов; CO_2 – концентрация углекислого газа в отходящих газах; T_1,T_2 – температура материала в зоне подогрева и кальцинирования; $I_{нагр}$ – нагрузка на главном приводе печи; $T_{вт}$, $P_{вт}$ – температура и давление вторичного воздуха; $Q_{шл}$ – количество подаваемого шлама; $t_{об}$ – время оборота печи[2,3].

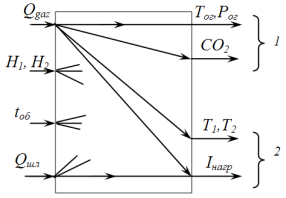


Рис.1. Представление печи обжига как взаимосвязного объекта

Основой построения систем связанного регулирования является принцип автономности. Применительно к объекту с двумя входами и выходами понятие автономности означает взаимную независимость выходных координат y_1 и y_2 при работе двух замкнутых систем регулирования. По существу, условие автономности складывается из двух условий инвариантности: инвариантности первого выхода y_1 по отношению к сигналу второго регулятора x_{P2} и инвариантности второго выхода y_2 по отношению к сигналу первого регулятора x_{P1}.

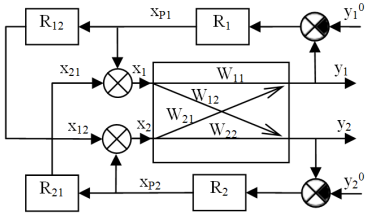


Рис.2. Автономная система регулирования двух координат

При этом сигнал x_{P1} можно рассматривать как возмущение для y_2 а сигнал x_{P2} – как возмущение для y_1. Тогда перекрестные каналы играют роль каналов возмущения (рис.2). Для компенсации этих возмущений в систему регулирования вводят динамические устройства с передаточными функциями $R_{12}(s)$ и $R_{21}(s)$, сигналы от которых поступают на соответствующие каналы регулирования или на входы регуляторов.

Передаточные функции компенсаторов $R_{12}(s)$ и $R_{21}(s)$, определяемые из условия автономности, будут зависеть от передаточных функций прямых и перекрестных каналов объекта и будут равны:

$$R_{12}(S)=\frac{W_{12}(S)}{W_{22}(S)};\quad R_{21}(S)=\frac{W_{21}(S)}{W_{11}(S)}. \qquad (1)$$

При анализе сложных объектов их можно представлять передаточными функциями как дробно-рационального, так и дробно-

иррационального вида[4], в настоящей работе мы ограничиваемся представлением математической модели в дробно-рациональной форме. Для синтеза автономной системы печи обжига необходимо определиться с количеством используемых входных и выходных параметров. Как показал опыт работы операторов печи обжига, рациональным режимом функционирования печи является такой, когда количество подаваемого шлама и время оборота печи поддерживают на одном уровне, а управление осуществляется с помощью изменения количества подаваемого топлива и степени открытия шиберов дымососа. Причем шиберы H_1 и H_2 можно объединить в один параметр, поскольку управление тягодутьевым производится одним из них, а второй подстраивается чтобы поток был одинаковым.

Таким образом для конструирования многосвязной системы имеем два входных параметра(Q_{gaz} и H_1), остается подобрать такое же количество выходных параметров. По степени значимости и были выбраны температура отходящих газов и содержание CO_2.

С целью получения математической модели статистические данные работы цементной печи для разных каналов были сняты на предприятии ЗАО «Осколцемент». Как показал анализ данных, исследуемые процессы относятся к классу эргодических случайных стационарных процессов в соответствии с определением стационарности в широком смысле. В связи с этим для решения задачи получения математической модели по статистическим данным во временной области было использовано уравнение Винера-Хопфа.

Ниже представлены передаточные функции по каналам управления Q_{gaz} и H_1, для измеряемых сигналов $T_{ог}$, CO_2:

$$W_{\text{H1-CO2}}(S)=\frac{7.76}{21.9S^2+8.6S+1}e^{-S},$$

$$W_{\text{Qgaz-CO2}}(S)=\frac{0.019}{0.92S^2+1.149S+1}e^{-4S};$$

$$W_{\text{Qgaz-Tor}}(S)=\frac{0.0098}{19.98S^2+5.423S+1}e^{-S},$$

$$W_{\text{H1-Tor}}(S)=\frac{0.00017}{21.37S^2+1}e^{-3S}.$$

Сконструированная двухсвязная автономная система управления показана на рис.3.

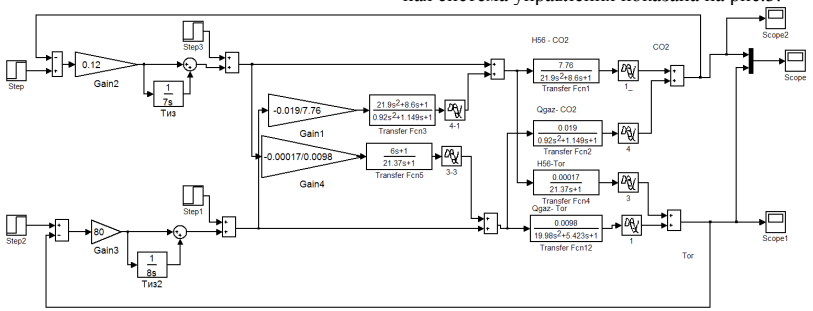


Рис.3. Система управления печью в среде Simulink пакета MATLAB

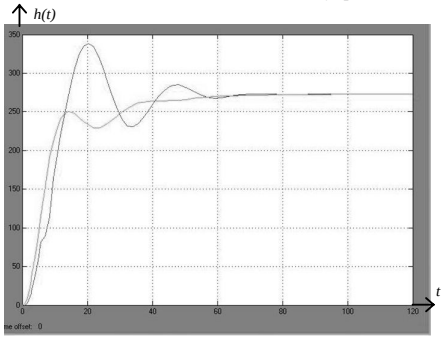


Рис.4. Графики переходных характеристик системы

По основным контурам включены ПИ-регуляторы, настройки по каждому контуру были получены методом Копеловича. Регуляторы для перекрестных контуров рассчитаны по формулам (1). Данная двухсвязная система является устойчивой, и позволяет компенсировать перекрестные связи, что иллюстрируют переходные процессы на рис.4 полученные при подаче ступенчатого воздействия.

При анализе математической модели печи[5,6] были выявлены следующие закономерности: в выходных параметрах печи есть группа параметров, реагирующих сравнительно быстро на входные воздействия Q_{gaz} и H_1 – параметры 1 на рис.1, и есть группа параметров, реакция которых сравнительно медленная по отношению к тем же входным воздействиям – параметры 2 на рис.1. На основании этого имеется возможность

синтеза системы управления на основе каскадных систем, где быстродействие одного параметра должно быть выше быстродействия другого.

Простейшим случаем каскадной АСР является двухкаскадная АСР (рис.5), состоящая из основного (главного) контура и вспомогательного (внутреннего) контура, как бы вложенного в основной. При этом АСР содержит два регулятора – главный (внешний) регулятор, служащий для стабилизации основной технологической величины объекта y_1, и вспомогательный (внутренний) регулятор, предназначенный для регулирования вспомогательной технологической величины y_2. Поскольку выход внешнего регулятора x_1 используется в качестве задания для внутреннего, то этот регулятор называют еще корректирующим, а внутренний, выходной сигнал x_2 которого подают на исполнительное устройство, – стабилизирующим.

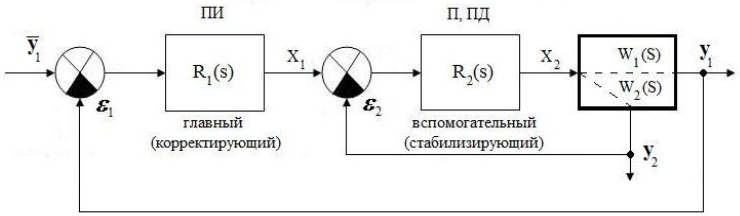


Рис. 5. Структурная схема каскадной АСР

Для того чтобы построить каскадную АСР и чтобы она была эффективна, объект должен удовлетворять, как минимум, двум условиям:

1. При одном входе объекта должно быть не менее двух выходов, то есть управляющее воздействие x_2 должно влиять, как минимум, на две технологические величины y_1 и y_2;

2. Инерционность объекта во вспомогательном канале, то есть инерционность $W_2(s)$, должна быть меньше (желательно существенно) инерционности основного канала, то есть $W_1(s)$.

Так, если передаточные функции $W_1(s)$ и $W_2(s)$ – апериодические звенья первого порядка с запаздывающим аргументом, то есть их передаточные функции имеют вид:

$$W(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts+1},$$

то условие 2) всегда выполняется, если

$K_1 < K_2, \tau_1 > \tau_2$ *и* $T_1 > T_2$,

где индексы при параметрах K, τ, T соответствуют индексам передаточных функций.

После анализа математической модеи печи обжига клинкера, для синтеза каскадной АСР были выбраны входной параметр Q_{gaz} и выходные параметры T_{oc} и $I_н$.

Ниже представлены передаточные функции по каналу управления – количество газа подаваемого в печь Q_{gaz}, для измеряемых сигналов – температура отходящих газов T_{oc} и нагрузка на главном приводе $I_н$:

$$W_{Qgaz\text{-}Tor}(s) = \frac{0.0098}{19.98s^2 + 5.423s + 1} e^{-S},$$

$$W_{Qgaz\text{-}In}(s) = \frac{0.001539}{81s^2 + 8.29s + 1} e^{-8S}.$$

Как видно передаточные функции удовлетворяют условиям построения каскадной АСР: время запаздывания первой передаточной функции значительно выше, чем у второй, а коэффициент усиления ниже. В соответствие с этим в среде Simulink пакета MATLAB была построена каскадная двухконтурная система управления печью (рис.6), где управляющим параметром является Q_{gaz}, во внешнем контуре регулируется переменная $I_н$, а во внутреннем T_{oc}.

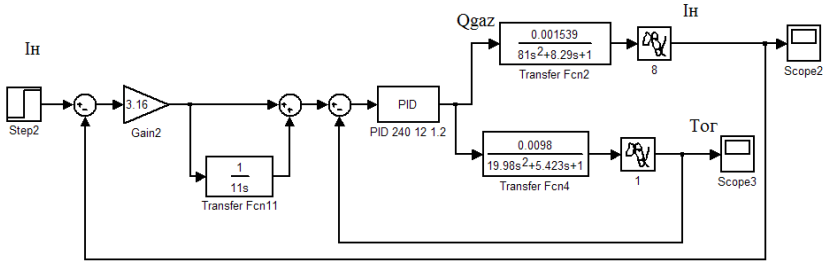


Рис.6. Система управления печью в среде Simulink пакета MATLAB

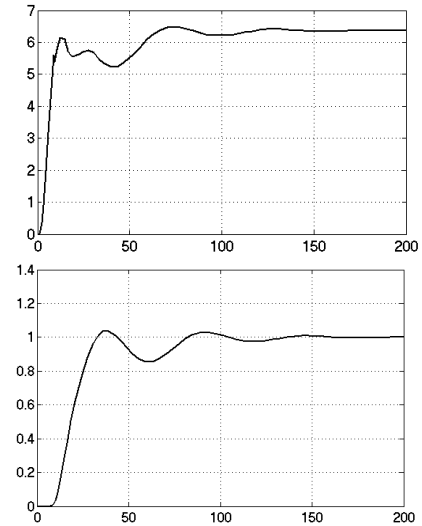


Рис. 7. Графики переходных процессов во внутреннем и внешнем контуре

Построенная в среде Simulink каскадная система была промоделирована путем подачи единичного ступенчатого сигнала по каналу управления, и были получены графики переходных процессов во внутреннем и внешнем контуре (рис. 7). Данная система является устойчивой, позволяет отрабатывать управление и компенсировать возмущения, что иллюстрируют переходные процессы. Таким образом, обосновано применение принципов автономности и каскадности при управлении процессом обжига цементного клинкера, моделирование систем показало достаточный уровень качества управления и данные системы могут быть рекомендованы для использования в производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рубанов, В.Г. Системный подход к проектированию управляемых мобильных логистических средств, обладающих свойством живучести / В.Г. Рубанов // Научные ведомости БелГУ. Серия: История, Политология, Экономика, Информатика. – 2011. – №1 (96). – Вып. 17/1. – С. 176–187.

2. Бажанов, А.Г. Создание нечеткой диаграммы поведения узла нагрузки на главный привод цементной печи / А.Г. Бажанов, В.З. Магергут, Р.А. Набоков //Математические методы в технике и технологиях: сб. Трудов XXIV Междунар. науч. конф., Харьков, 2 – 4 окт. 2012 г. / Национ. техн. ун-т Украины «ХПИ» – Харьков: СГТУ, 2012. – Т. 4. – С. 11–14.

3. Копылов, А.С. Расширенная схема нечеткого управления вращающейся печью для обжига цементного клинкера/ А.С. Копылов, В.З. Магергут //Математические методы в технике и технологиях: сб. Трудов XXIV Междунар. науч. конф., Харьков, 2 – 4 окт. 2012 г. / Национ. техн. ун-т Украины «ХПИ» – Харьков: СГТУ, 2012. – Т. 4. – С. 9–11.

4. Кариков, Е. Б. Моделирование теплотехнологических объектов в классе дробно-иррациональных передаточных функций / Е.Б. Кариков, В.В. Мишунин, В.Г. Рубанов, Ю.А. Гольцов // Научные ведомости Белгор. гос. ун-та. – 2010. – № 13 (132). – выпуск 23/1. – С. 173–179.

5. Рубанов, В. Г. Получение математической модели обжига клинкера с применением статистических методов / В.Г. Рубанов, В.А. Порхало // Научные ведомости Белгор. гос. ун-та. – 2010. – № 7 (78). – выпуск 14/1. – С. 80–88.

6. Порхало, В. А. Математическая модель обжига клинкера как многосвязного объекта / В. А. Порхало, В. Г. Рубанов // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. XXIV Междунар. науч. конф., Киев, 30 мая – 2 июн. 2011 г. / Национ. техн. ун-т Украины «КПИ» – Киев: СГТУ, 2011. – Т. 6. – С. 83–85.

Овчинников Д. А., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНЖЕКТОРА ПНЕВМОСТРУЙНОГО АКТИВАТОРА ЦЕМЕНТА

ovchinnikov_d_a@mail.ru

В установке для пневматической механоактивации цемента используется инжекторный смеситель вяжущего с воздухом.

Экспериментально установлено, что наилучшее смешивание исходного материала с воздухом достигается при совмещении среза сопла с входным сечением разгонной трубки.

Возрастание скорости воздушного потока приводит к уменьшению статического давления ниже атмосферного. Под действием возникающего разрежения наружный воздух вместе с активируемым материалом засасывается в разгонную трубку.

Далее, в результате расширения поперечного сечения и вовлечения в движение дисперсной фазы, скорость воздушного потока снижается, а статическое давление повышается.

На разгонном участке энергия рабочего газа передается дисперсной фазе, в результате чего происходит её ускорение. Экспериментально установлено, что в разгонных трубках струйных мельниц частицы ускоряются до 0,4-0,5 средней скорости газа.

Ключевые слова*: инжектор, пневмоструйный активатор, цемент, пневматическая, механоактивация, смеситель, вяжущее, сопло, разгонная трубка, воздушный поток, статическое давление.*

Перспективным направлением снижения расхода цемента и повышения качества строительных и бетонных растворов является его механическая активация в пневмоструйной установке [1]. Схема установки приведена на рис. 1.

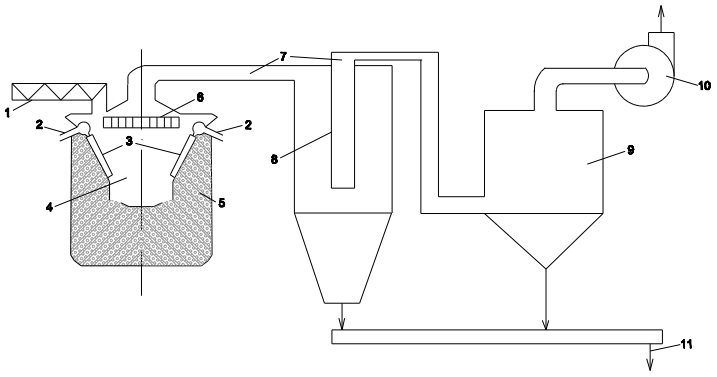


Рис. 1. Схема установки для пневматической механоактивации цемента
1 – материалопровод исходного цемента; 2 – эжекторы; 3 – разгонные трубки; 4 – рабочая камера; 5 – клинкер; 6 – сепаратор; 7 – воздуховоды; 8 – циклон; 9 – рукавный фильтр; 10 – вентилятор; 11 – выход готового продукта

Эффективность активации цемента в значительной мере определяется работой смесительно-разгонного узла активатора.

В установке для пневматической механоактивации цемента используется инжекторный смеситель вяжущего с воздухом.

Экспериментально установлено [2], что наилучшее смешивание исходного материала с воздухом достигается при совмещении среза сопла с входным сечением разгонной трубки (рис. 2).

В этом случае роль камеры смешивания выполняет начальный участок разгонной трубки длиной $l_{см}$:

$$l_{см} = \frac{d_т - d_c}{2tg\dfrac{\theta}{2}} \qquad (1)$$

где d_T, d_c – диаметры разгонной трубки и сопла, $\theta \approx 26^\circ$ - угол разлета струи энергоносителя, истекающей в разгонную трубку.

К участку подсоса и смешивания примыкает участок разгона частиц, длина которого $l_{рг}$

определяется из условий достижения наибольшей скорости частиц и минимального абразивного износа трубки.

Общие закономерности работы инжектора исследуем в рамках его интегральной двухжидкостной модели, основанной на законах сохранения массы, импульса и энергии. На основе этого рассмотрения могут быть поставлены граничные условия для дифференциальных уравнений, описывающих разгон частиц.

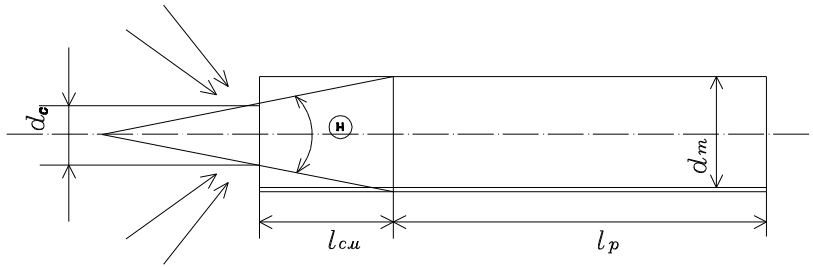


Рис. 2. Схема смесительно-разгонного узла установки

Основными технологическими параметрами смесительно-разгонного блока установки являются приходящиеся на одну разгонную трубку массовые расходы исходного материала – цемента $G_ц$, возвращаемого на повторную активацию грубого продукта (крупки) $G_{кр}$, рабочего воздуха (энергоносителя) $G_р$ и инжектируемого (подсасываемого) воздуха $G_и$.

Эти компоненты смешиваясь в начале разгонной трубки образуют газоматериальную смесь, фазы которой описываются соотношениями:

$$\begin{aligned} G_в &= G_р + G_и = G_р(1+\mu_в) = f_т w(1-\beta)\rho, \\ G_т &= G_и + G_{кр} = G_г n_ц = f_т S w \beta \rho_т = G_р \mu_т. \end{aligned} \qquad (2)$$

Здесь $\mu_в = G_и / G_р$ - коэффициент инжекции (подсоса) наружного воздуха; w, w_T – среднерасходные скорости газовой и дисперсной фаз; ρ, ρ_T - плотности этих фаз; β - объемная концентрация твердой фазы; т.е. суммарный объем всех частиц, находящихся в 1 м^3 смеси, м^3/м^3; $G_т$ – массовый выход готового продукта в пересчете на одну разгонную трубку, кг/с; $G_{кр}$ – массовый расход возврата, т.е. грубого продукта сепарации активированного цемента, кг/с; $n_ц = G_T / G_г$ - кратность циркуляции; $\mu_T = G_T / G_р$ - коэффициент инжекции материала; $S = w_m / w$ - коэффициент скольжения фаз, f_T – площадь поперечного сечения разгонной трубки. С коэффициентом инжекции материала связан удельный расход энергоносителя U:

$$U = G_р / G_T = 1/\mu_T, \qquad (3)$$

массовая концентрация твердой фазы μ:

$$\mu = G_T / G_в = \mu_T/(1+\mu_в) \qquad (4)$$

а также её расходная концентрация:

$$x = \frac{G_T}{G_в + G_T} = \frac{\mu_T}{1+\mu_T} \qquad (5)$$

Связь между массовой и объемной концентрациями твердой фазы вытекает из соотношений (2):

$$\mu = S\frac{\rho_T}{\rho}\cdot\frac{\beta}{1-\beta}; \qquad (6)$$

$$\beta = \frac{\mu\rho}{\mu\rho + S\rho_T}. \qquad (7)$$

Скорость истечения и массовый расход сжатого воздуха определяются его давлением P_0 и температурой T_0 в ресивере, а также параметрами внешней среды P_1 и T_1.

Как правило, давление внешней среды P_1 меньше критического давления $P_{кр}$ =0,527P_0 , поэтому скорость истечения сжатого воздуха из сопла w_c приближается к скорости звука во внешней среде:

$$w_c = c_1 = \sqrt{kRT_1}, \qquad (8)$$

где k=1,405 – показатель адиабаты, R = 287,14 Дж/(кг·К) – газовая постоянная воздуха, T_1 – абсолютная температура внешней среды. При t_1=20°С (T_1 =293К), c_1 =344 м/с. При входе в разгонную трубку часть скорости воздуха теряется, поэтому:

$$w_{p1} = \varphi C_1, \qquad (9)$$

где φ = 0,9 – коэффициент потери скорости. При t_1=20°С w_{p1}=309,4 м/с.

При критическом режиме истечения массовый расход энергоносителя определяется соотношением:

$$G_р = 0{,}685\mu f_c\sqrt{P_0\rho_0}, \qquad (10)$$

где μ = 0,82 – коэффициент расхода, f_c – площадь сечения сопла, P_0 – давление, $\rho_0 = P_0/(RT_0)$ – плотность сжатого воздуха.

Будем рассматривать фазы газоматериальной смеси как две сплошные взаимопроникающие и взаимодействующие среды жидкости [3]. Тогда средние скорости движения фаз на разгонном участке можно представить в виде:

$$w_T = \frac{G_T}{f_T \beta \rho_T} = \frac{U_1}{\beta}; \qquad (11)$$

$$w = \frac{G_в}{f_T (1-\beta)\rho} = \frac{U_2}{1-\beta}, \qquad (12)$$

где $U_1 = G_т/(f_т\rho_т)$, $U_2 = G_в/(f_т\rho)$ – фиктивные скорости, которые имели бы фазы, если бы они по отдельности полностью занимали все пространство разгонной трубки. Исключив из формул (11) и (12) β, получим соотношение, связывающее между собой средние скорости движения фаз:

$$w = \frac{U_2 w_T}{w_T - U_1}. \qquad (13)$$

В результате аэродинамического взаимодействия средние скорости движения фаз сближаются, т.е. стремятся к некоторому предельному значению $w_{пр}$. Получив в формуле (2.33) $w = w_т = w_п$, получим:

$$w_{пр} = U_1 + U_2. \qquad (14)$$

Объемная концентрация твердой фазы β, как следует из формулы (7) зависит от величины коэффициента скольжения фаз. Во входном сечении 1-1, где коэффициент скольжения фаз минимален S≈0,02 величина β достигает наибольшего значения β_{max} ≈0,012. В конце участка разгона при S =0,5 величина объем. Концентрации снижается до минимального значения $\beta_{\min} = 0{,}0005$.

Средние скорости движения фаз однозначно определяют их расходы, но при вычислении импульса или кинетической энергии двухфазных потоков необходимо учитывать неравномерность распределения скорости в их поперечных сечениях.

Для свободной струи чистого воздуха, истекающей из тонкой трубки, это распределение может быть выражено экспоненциальным законом [4]:

$$w(r) = w_0(x)\exp\left[-\left(\frac{r}{cx}\right)^2\right], \qquad (15)$$

где c=0,82 – эмпирическая постоянная, характеризующая интенсивность турбулентного перемешивания струи с окружающим воздухом (рис.3).

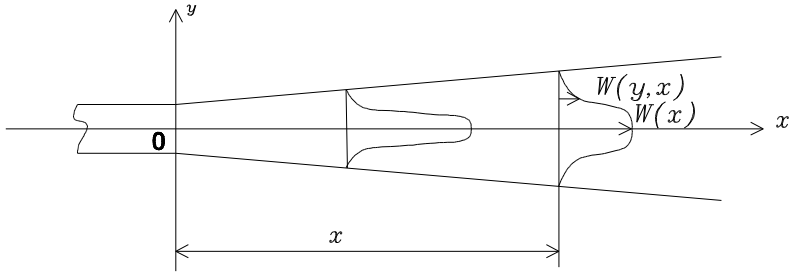


Рис. 3. Схема распределения скорости в свободной затопленной струе

Экспериментально установлено [5] , что наличие примеси твердых частиц при их массовой концентрации μ > 0,3 существенно влияет на структуру свободной затопленной струи: струя становится уже и дальнобойнее. Это дает основание использовать для описания профилей скорости двухфазного потока в заданном сечении разгонной трубки (рис. 4) также экспоненциальную зависимость вида:

$$w(r) = w_0 \exp\left[-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right], \qquad (16)$$

где w_0 – осевая скорость воздуха в этом сечении, R – параметр, который можно выразить через w_0 и скорость воздуха в пристенной зоне $w_{ст}$, к примеру, $w_{ст} = w(r=0{,}9r_т)$:

$$R = 0{,}9\frac{r_T}{\sqrt{\ln\frac{w_0}{w_{ст}}}}. \qquad (17)$$

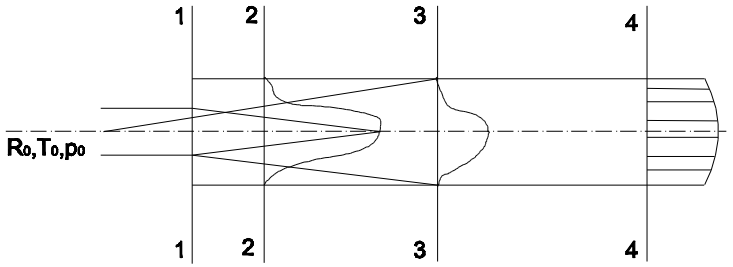


Рис. 4. Профили скорости двухфазного потока в разгонной трубке

Массовый расход воздуха, протекающего по разгонной трубке, можно найти интегрированием:

$$G_в = \rho w_0 \int_0^{r_T} \exp\left[-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right]\cdot 2\pi r dr = \pi\rho w_0 R^2\left[1-\exp\left(-\frac{r_T^2}{R^2}\right)\right], \qquad (18)$$

тогда среднерасходная скорость воздуха в данном сечении разгонной трубки равна:

$$w = \frac{G_в}{\pi r_T^2 \rho} = w_0 \frac{R^2}{r_T^2}\left[1-\exp\left(-\frac{r_T^2}{R^2}\right)\right]. \qquad (19)$$

С помощью соотношений (16) и (18) количество движения газоматериального потока можно представить в виде:

$$I = \rho\int_0^{r_T} w^2(r)\cdot 2\pi r dr = M\cdot \pi r_T^2 \rho w^2, \qquad (20)$$

где M – коэффициент Буссинеска (коэффициент количества движения):

$$M = \frac{r_T^2}{R^2}\frac{1-\exp\left(-2\frac{r_T^2}{R^2}\right)}{\left[1-\exp\left(-\frac{r_T^2}{R^2}\right)\right]^2}. \qquad (21)$$

Аналогично для кинетической энергии потока получим:

$$W = \frac{1}{2}\rho\int_0^{r_T} w^3(r)\cdot 2\pi r dr = N\cdot\frac{1}{2}Nr_T^2\rho w^3, \qquad (22)$$

где N – коэффициент Кориолиса (коэффициент кинематической энергии):

$$N = \frac{1}{3}\left(\frac{r_T^2}{R^2}\right)^2\frac{1-\exp\left(-3\frac{r_T^2}{R^2}\right)}{\left[1-\exp\left(-\frac{r_T^2}{R^2}\right)\right]^3}. \qquad (23)$$

Для сечения 2-2 разгонной трубки опытно-промышленной установки (рис. 4) параметр R = 0,645r_T, а коэффициент Кориолиса согласно (23) равен N_2= 2,56. Для сечения 3-3 R=1,08, а коэффициент Буссинеска, найденный по формуле (21) равен M_3= 2,61.

Из соотношения (19) вытекает уравнение, с помощью которого может быть уточнена величина параметра R:

$$\frac{\left(\frac{r_T}{R}\right)^2}{1-\exp\left(-\frac{r_T}{R}\right)^2} = \frac{w_0}{w}. \qquad (24)$$

Приближенное решение уравнения (24) можно получить с помощью рис. 5.

Средняя скорость воздуха во входном сечении трубки 1-1 (рис. 4) равна:

$$w_1 = \frac{G_p/\rho_0 + G_u/\rho_1}{f_T} = \frac{G_p(\rho_1 + \mu_в\rho_0)}{f_T\rho_1\rho_0}. \qquad (25)$$

В зоне смешивания (сечение 2-2) в результате расширения рабочего воздуха и сужения поперечного сечения потока из-за интенсивного вихреобразования в пристенной области скорость воздуха достигает наибольшего значения:

$$w_2 = \frac{G_p + G_u}{\rho_2 f_{сж}}, \qquad (26)$$

где $f_{сж}$ – площадь сжатого сечения.

Возрастание скорости воздушного потока приводит к уменьшению статического давления ниже атмосферного. Под действием возникающего таким образом разрежения наружный воздух вместе с активируемым материалом и крупкой засасывается в разгонную трубку.

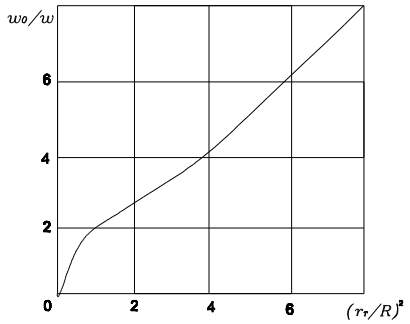


Рис. 5. Зависимость относительно осевой скорости газоматериального потока от параметра $(r_{тр}/R)^2$

Дальше в результате расширения поперечного сечения и вовлечения в движение дисперсной фазы скорость воздушного потока снижается, а статическое давление повышается.

В начале разгонного участка (сечение 3-3) средняя скорость газовой фазы равна:

$$w_3 = \frac{G_p + G_u}{\rho_3 (1-\beta_3) f_T}. \qquad (27)$$

На разгонном участке энергия рабочего газа передается дисперсной фазе, в результате чего происходит её ускорение. Экспериментально установлено, что в разгонных трубках струйных мельниц частицы ускоряются до 0,4-0,5 средней скорости газа [2]. Происходящее в результате этого снижение скорости воздуха оценим с помощью закона сохранения энергии. Пренебрегая потерями на трение и изменением статического давления для разгонного участка трубки получим:

$$\frac{G_в w_3^2}{2} + \frac{G_T S_3^2 w_3^2}{2} = \frac{G_в w_4^2}{2} + \frac{G_T S_4^2 w_4^2}{2}. \qquad (28)$$

Отсюда следует:

$$w_4 = \sqrt{\frac{1+\mu S_3^2}{1+\mu S_4^2}}. \qquad (29)$$

Анализ экспериментальных данных показывает, что для описания изменения коэффициента скольжения фаз вдоль разгонной трубки в первом приближении можно использовать простейшую линейную зависимость. Например, для опытно-промышленной установки эта зависимость имеет вид:

$$S(\tilde{x}) = 0{,}0477\tilde{x} + 0{,}023; \quad 0 \le \tilde{x} \le 10, \qquad (30)$$

где $\tilde{x} = x / d_T$. Тогда с помощью формул (27) и (29) получим: w_3 = 59.8 м/с, w_4 = 53,8 м/с.

Параметры газоматериального потока в основных сечениях разгонной трубки можно оценить с помощью теоремы импульсов и уравнения Бернулли [6]. Статическое давление в начале разгонного участка (сечение 3-3) и в его конце (сечение 4-4) найдем с помощью теоремы импульсов:

$$P_1 f_T + G_p w_{p1} = P_3 f_T + M_3 (G_p + G_u) w_3 + M_3 G_T w_{T3}. \qquad (31)$$

Из уравнения (31) следует:

$$P_3 = P_1 + \frac{G_p w_3}{f_T}\left[\frac{w_{p1}}{w_3} - M_3\left(1 + \mu_в + \mu_T S_3\right)\right]. \qquad (32)$$

Аналогично получим:

$$P_4 = P_1 + \frac{G_p w_4}{f_T}\left[\frac{w_{p1}}{w_4} - M_4\left(1 + \mu_в + \mu_T S_4\right)\right]. \qquad (33)$$

Подставив в формулы (32) и (33) параметры опытно-промышленной установки, получим: P_3=105369,4Па, что на 404 мм вод. столба выше атмосферного и P_4= 116514Па, т.е. инжектор развивает избыточное давление, равное 1520 мм. вод. столба.

Разрежение на участке смешивания найдем с помощью уравнения Бернулли, записанного для суженного сечения 2-2 и сечения 3-3, разделяющего участки смешивания и разгона:

$$\frac{G_в P_2}{\rho_2} + N_2\left(\frac{G_p w_2^2}{2} + \frac{G_T S_2^2 w_2^2}{2}\right) = \frac{G_в P_3}{\rho_3} + N_3\left(\frac{G_в w_3^2}{2} + \frac{G_T S_3^2 w_3^2}{2} + \frac{G_в (w_2 - w_3)^2}{2}\right), \qquad (34)$$

где $G_в = G_p + G_u$; N_2, N_3 – коэффициенты Кориолиса; последнее слагаемое в скобках правой части уравнения (34) учитывает потерю энергии при расширении поперечного сечения потока.

Пренебрегая изменением плотности воздуха вдоль разгонной трубки ($\rho_2 = \rho_3 = \rho_a$) из уравнения (34) получим:

$$P_2 = P_3 - \frac{\rho_a w_3^2}{2} + \left[\frac{N_3}{\varepsilon^2}\left(1 + \frac{\mu_T S_3^2}{1+\mu_в}\right) - N_3\left(\frac{\mu_T S_3^2}{1+\mu_в} + \frac{1}{\varepsilon^2} - \frac{2}{\varepsilon} + 2\right)\right], \qquad (35)$$

где $\varepsilon = f_2 / f_{рт}$ – коэффициент сжатия поперечного сечения потока на участке смешивания.

Для опытно-промышленной установки при коэффициенте сжатия ε=0,75, что соответствует уменьшению диаметра сечения потока на 13%, по формуле (35) получим P_2=99949Па, что соответствует разрежению Δp=1376Па=140 мм в.ст. Расчетное изменение параметров газоматериального потока в разгонных трубках опытно-промышленной установки показаны на рис. 6.

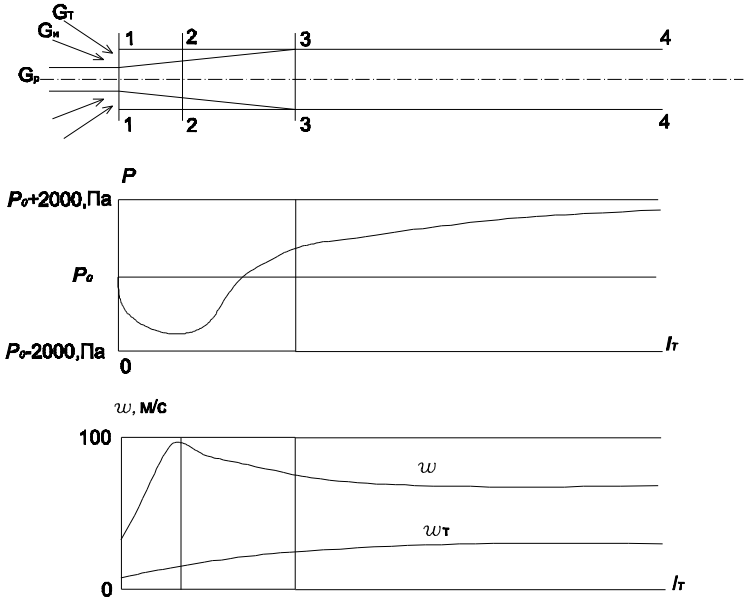


Рис. 6. Изменение статического давления и скорости фаз газоматериального потока вдоль разгонных трубок

Приведенные выше результаты расчетов хорошо согласуются с опытными данными [7] и могут быть использованы при гидравлическом расчете газоматериального тракта установки для пневматической механоактивации цемента в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 100431 Российская федерация, МПК51 B02C 19/06 Установка для пневматической механоактивации цемента [Текст] / Овчинников Д.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» - №2010125447/21; заявл. 21.06.10; опубл. 20.12.2010. БЮЛ.№35.

2. *Акунов В.И.* Струйные мельницы: учебник / В.И. Акунов. – М.: Изд-во Машиностроение, 1967. – 264с.

3. *Стернин Л.И.* Основы газоинамики двухфазных течений в соплах: учебник / Л.И. Стернин –М.: Изд-во Машиностроение, 1978. – 284с.

4. *Абрамович Г.Н.* Теория турбулентных струй: учебник / Г.Н. Абрамович – М.: Изд-во Наука, 1984. – 284с.

5. *Идельчик И.Е.* Аэрогидродинамика технологических аппаратов: учебник / И.Е. Идельчик – М.: Изд-во Машиностроение, 1983.-351с.

6. *Альтшуль А.Д.* Гидравлика и аэродинамика: учебник / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев – М.: Изд-во Стройиздат, 1975. – 323с.

7. *Горобец В.И., Горобец Л.Ж.* Новое напрвление работ по измельчению / В.И. Горобец, Л.Ж. Горобец – М.: Изд-во Недра, 1977. – 183с.

Варченко И. С., ассистент
Украинская инженерно-педагогическая академия

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕРАЗРЕЗНОГО БАРАБАНА ПРИ МНОГОСЛОЙНОЙ НАВИВКЕ КАНАТА

varchenko_ivan86@mail.ru

В статье изложено теоретическое исследование напряженного состояния цилиндрической оболочки канатного барабана при навивке стального каната в несколько слоев. Исследуется поведение барабана в зоне упругости. В результате анализа поведения цилиндрической оболочки и реборды барабана получено напряжённо-деформированное состояние барабана. Теоретические исследования, которые базируются на уравнении цилиндрической оболочки С.П. Тимошенко, решаемые по теории Герца о статическом деформировании контактирующих объектов, сравниваются с результатами эксперимента, которые были получены путем тензометрических измерений напряженно-деформированного состояния цилиндрической оболочки канатного барабана.

Ключевые слова: *цилиндрическая оболочка, стальной канат, напряженность оболочки, тензометрия, деформация стенки цилиндрической оболочки, контактные напряжения.*

1. Ведение

В подъемно-транспортной технике широкое применение находит многослойная навивка. Однако существуют нерешенные задачи, которые являются камнем преткновения для внедрения многослойной навивки в ряд областей подъемной техники. Главной проблемой навивки каната в несколько слоев является повышенный износ каната. Именно замена каната является основной частью затрат на обслуживание подъемной установки. Известны случаи, когда стоимость каната приравнивалась к стоимости всей подъемной установки без каната. Такие случаи встречаются в шахтном подъеме, где длинны канатов, достигают десятки километров. Поэтому повышение рабочего ресурса подъемного каната при многослойной навивке является актуальной сферой исследований. Решение данной задачи заключается в устранении критических мест, где и происходит повышенный износ каната. Критические места образуются при перегибе и защемлении каната между соседними витками и лобовиной канатного барабана, при формировании высших слоев. Поэтому необходимо исследовать канатный барабан на предмет его взаимодействия с канатом. Исследуется поведение барабана в зоне упругости. В результате анализа поведения цилиндрической оболочки и реборды барабана получаем напряжённо-деформированное состояние барабана. Теоретические исследования, которые базируются на уравнении цилиндрической оболочки С.П. Тимошенко, решаемые по теории Герца о статическом деформировании контактирующих объектов, сравниваются с результатами эксперимента, которые были получены путем тензометрических измерений напряженно-деформированного состояния цилиндрической оболочки канатного барабана.

2. Постановка задачи.

При исследовании напряженно-деформированного состояния неразрезного барабана, являющегося оболочечным элементом конструкции, при многослойной навивке большое значение имеет задача контактного взаимодействия барабана с канатом. Необходимость исследований таких процессов возникает в связи с распространенностью такого рода механизмов в современном подъёмно-транспортном и пр. машиностроении, а также весьма слабой изученностью проблемы, в частности при многослойной навивке каната на барабан. Так же является актуальным вопрос оптимизации конструкции барабана при многослойной навивке. Особый интерес представляет закономерность напряжённо-деформированного состояния барабана в зависимости от числа витков каната. В частности как обечайки так и каната.

3. Напряженно-деформированное состояние цилиндрической оболочки неразрезного барабана.

Для исследования напряжённо-деформированного состояния барабана будем использовать уравнения цилиндрической оболочки С.П. Тимошенко:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{1-\mu}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}-\frac{\mu}{R}\frac{\partial w}{\partial x}=\frac{1-\mu^2}{Eh}\rho h\frac{\partial^2 u}{\partial t^2};$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{1-\mu}{2}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}-\frac{1}{R}\frac{\partial w}{\partial y}=\frac{1-\mu^2}{Eh}\rho h\frac{\partial^2 v}{\partial t^2};$$

$$K\frac{1-\mu}{2}\left(\Delta w+\frac{\partial^2\beta_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\beta_y}{\partial y^2}\right)+\frac{1}{R}\left(\mu\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{w}{R}\right)=\frac{1-\mu^2}{Eh}\left(\rho h\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}+P\right); \quad (1)$$

$$\frac{h^2}{12}\left(\frac{\partial^2\beta_x}{\partial x^2}+\frac{1-\mu}{2}\frac{\partial^2\beta_x}{\partial y^2}\right)+\frac{1+\mu}{2}\frac{h^2}{2}\frac{\partial^2\beta_x}{\partial x\partial y}-K\frac{1-\mu}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x}+\beta_x\right)=\frac{1-\mu^2}{Eh}\frac{h^3}{12}\frac{\partial^2\beta_x}{\partial t^2};$$

$$\frac{h^2}{12}\left(\frac{\partial^2\beta_y}{\partial y^2}+\frac{1-\mu}{2}\frac{\partial^2\beta_y}{\partial x^2}+\frac{1+\mu}{2}\frac{\partial^2\beta_y}{\partial x\partial y}\right)-K\frac{1-\mu}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial y}+\beta_y\right)=\frac{1-\mu^2}{Eh}\frac{h^2}{12}\frac{\partial^2\beta_y}{\partial t^2},$$

где u,v,w - компоненты перемещения точек срединной поверхности цилиндрической оболочки барабана; β_x, β_y - углы поворота в направлении координатных осей; x - координата вдоль оси барабана; $y=R\cdot\theta$ - координата, направленная по касательной к окружности ($\theta=0\div 2\pi$); t - время; R - радиус срединной поверхности; h - толщина оболочки; ρ - плотность материала; μ - коэффициент Пуассона ($\mu=0.3$); E - коэффициент упругости ($E=2.1\cdot10^5$ МПа); $\Delta=\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}$ - оператор Лапласа; $K_1=\frac{\pi^2}{12}$ - коэффициент сдвига; $K=K_1\frac{1-\nu}{2}$.

Применяя операторный метод Лурье, приведем уравнения (1) к виду, который позволит выразить u,v,β_x,β_y через w:

$$\left[\left(\Delta-\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)^2\left(\Delta-\frac{1}{K}\frac{\partial^2}{dt^2}\right)\left(\Delta-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)-\left(\Delta-\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\left(\Delta-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\times\right.$$
$$\times\left(\Delta-\frac{1+K}{1+K^2(1+12R^3/h^3)}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\frac{1+K^2(1+12R^3/h^3)}{1+K}-\left(\Delta-\frac{\partial^2}{\partial t^2}-K\right)\times$$
$$\left.\times\left\{\mu\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial^2}{\partial y^2}-\mu\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{2\mu}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)-\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left(\frac{\partial^2}{\partial y^2}+(2+\mu)\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\right\}\right]w=$$
$$=\frac{1-\mu^2}{E}\frac{R^2}{h^2}\left(\Delta-\frac{\partial^2}{\partial t^2}-K\right)\left(\Delta-\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\left(\Delta-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)P,$$

$$\left[\Delta^2-\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left(\frac{3-\mu}{1-\mu}\Delta-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\right]u=\frac{1}{R}\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial w^2}{\partial y^2}+(2+\mu)\frac{\partial w^2}{\partial x^2}\right)+\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left(\frac{2\mu}{(1-\mu)R}\frac{\partial w}{\partial x^2}\right),$$

$$\left[\Delta^2-\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left(\frac{3-\mu}{1-\mu}\Delta-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\right]v=\frac{1}{R}\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left(\frac{\partial w^2}{\partial y^2}+(2+\mu)\frac{\partial w^2}{\partial x^2}\right)+\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left(\frac{2\mu}{(1-\mu)R}\frac{\partial w}{\partial y^2}\right), \quad (2)$$

$$\left[\Delta-\frac{K_1}{h^2/12}-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial}{\partial t^2}\right]\beta_x=\frac{1+\mu}{1-\mu}\frac{\partial}{\partial x}\{Q\}$$

$$\left[\Delta-\frac{K_1}{h^2/12}-\frac{2}{1-\mu}\frac{\partial}{\partial t^2}\right]\beta_y=\frac{1+\mu}{1-\mu}\frac{\partial}{\partial y}\{Q\}$$

где

$$Q=\Delta w+\frac{1+\mu}{1-\mu}\frac{K_1}{h^2/12}w-\frac{1}{K}\left(\frac{1}{R}\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{w}{R^2}+\frac{\mu}{R}\frac{\partial u}{\partial x}\right)-\frac{1}{K}\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

Воспользуемся синус преобразованием Фурье по координатам x и y

$$F(x,y,t)=\sum_m\sum_n f_{mn}(t)\sin\left(\frac{m\pi x}{l}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{R}\right), \quad (3)$$

где l - расстояние от точки приложения нагрузки до заделки.

По времени применяем преобразование Лапласа

$$F(x,y,p)=\int_0^\infty f(x,y,t)e^{-pt}dt, \quad (4)$$

где $p=i\sigma$.

Тогда нормальное перемещение срединой поверхности оболочки от взаимодействия с канатом примет вид:

$$w(x,y,p)=\sum_m\sum_n a_{mn}(p)\sin\frac{m\pi x}{l}\sin\frac{n\pi y}{R}. \quad (5)$$

Составляющая давления на оболочку от навивающегося каната примет вид:

$$P(x,y,p)=\sum_m\sum_n q_{mn}(p)\sin\frac{m\pi x}{l}\sin\frac{n\pi y}{R}. \quad (6)$$

Подставив выражения (5)-(6) в первое уравнение системы (2), получим выражение для нахождения коэффициентов a_{mn}. Упростим часть выражений полученных при преобразовании для соблюдения регламента размера статьи.

Представим последнее выражение в виде:

$$a_{mn}(p)=\frac{L^{(2)}(m,n,p)}{L^{(1)}(m,n,p)}\cdot q_{mn}(p). \quad (7)$$

Предположим, что составляющая давления от каната распределена равномерно по площадке контакта шириной k (рисунок 1) равномерно $P(x,y,t)=q_{cr}$ по области F, которая представляет собой спираль вокруг цилиндрической оболочки барабана:

$$F: x=st,\ y=R\sin\omega t,\ z=R\cos\omega t,$$
$$\frac{s}{\omega}=\frac{h}{2\pi}, \quad (8)$$

h – шаг винтовой линии; q_{cr} - радиальная нагрузка сердечника от r-го слоя навивки каната [1]; r=1,..,5 – слои навивки каната на барабан;

Тогда

$$q_{mn}(t)=\frac{q_{cr}}{lR}\iint_F\sin\frac{m\pi x}{l}\sin\frac{n\pi y}{R}dxdy, \quad (9)$$

где F - область контакта каната с барабаном.

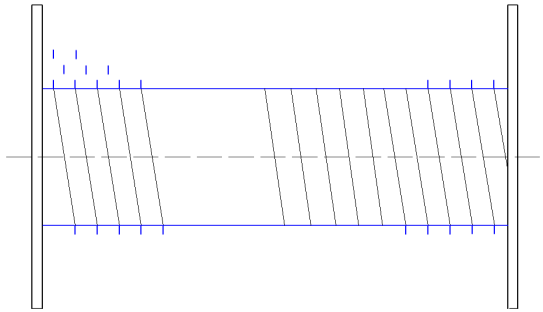


Рис. 1. Закон распределения давления от навивающегося каната по площадке контакта с цилиндрической оболочкой барабана

или

$$q_{mn}(t)=\frac{q_{cr}}{lR}\int_0^{R\sin\omega t}\int_0^{st}\sin\frac{m\pi x}{l}\sin\frac{n\pi y}{R}dxdy=,$$

Для вычисления (9) были использованы функции Бесселя и функции Струве. Бесселевы функции и функции Струве являются трансцендентными функциями, не выражающимися через элементарные функции.

Имеем:

$$J_\alpha(x)=\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{(-1)^k\left(\frac{x}{2}\right)^{\alpha+2k}}{k!\Gamma(k+\alpha+1)}$$ функция Струве

$$H_\alpha(x)=\left(\frac{x}{2}\right)^{\alpha+1}\sum_{k=0}^{+\infty}\frac{(-1)^k\left(\frac{x}{2}\right)^{2k}}{\Gamma\left(k+\frac{3}{2}\right)\Gamma\left(k+\alpha+\frac{3}{2}\right)}$$ функция Бесселя

где $\Gamma(s)=\int_0^{+\infty}e^{-x}x^{s-1}dx\ (s>0)$ - гамма-функция.

Окончательные выражения для коэффициентов $a_{mn}(p)$ имеют вид:

$$a_{mn}(p)=\frac{L^{(2)*}(m,n,p)}{L^{(1)}(m,n,p)}\cdot P(p), \quad (10)$$

Для нахождения оригиналов выражения (10) воспользуемся теоремой о свертке:

$$a_{mn}(t)=L^{-1}\left[\frac{L^{(2*)}(m,n,p)}{L^{(1)}(m,n,p)}\right]*L^{-1}[P(p)]=\int_0^t\sum_{j=1}^8 A_j\cdot e^{S_j(t-t_1)}\cdot P(t_1)dt_1, \quad (11)$$

где $L^{-1}\left[\frac{L^{(2*)}(m,n,p)}{L^{(1)}(m,n,p)}\right]=\sum_{j=1}^8\frac{L^{(2*)}(m,n,s_j)}{\prod_{q=1}^8(s_j-s_q+\delta_{jq})}e^{S_j\cdot t}=\sum_{j=1}^8 A_j\cdot e^{S_j\cdot t}$;

$(s_q,s_j)=(a_q+ib_q,\ a_j+ib_j)$ - корни характеристического уравнения восьмого порядка $L^{(1)}(m,n,p)=0$; δ_{jq} - символ Кронекера.

Беря по частям интеграл (11), получаем для $t=q\tau$:

$$\begin{aligned}
a_{mn}(q\tau)&=\int_0^{q\tau}\sum_{j=1}^8 A_j\cdot e^{S_j(q\tau-t_1)}\cdot P(t_1)dt_1=\\
&=\sum_{k=1}^q\int_{(k-1)\tau}^{k\tau}\sum_{j=1}^8 A_j\cdot e^{a_j(q\tau-t_1)}\cdot(\cos a_j(q\tau-t_1)+i\sin b_j(q\tau-t_1))\cdot P(t_1)dt_1=\\
&=\sum_{j=1}^8\sum_{k=1}^q A_j\left\{P_k\left[\frac{U_{k,j}}{D_j}\left(1+\frac{b_j}{a_j}\right)+\left(H_{k-1,j}-H_{k,j}\right)\left(\frac{1}{D_j}-\frac{b_j}{D_ja_j\delta}\right)+\right.\right.\\
&+\left(\frac{U_{k,j}}{D_j}-\frac{U_{k-1,j}}{D_j}\right)\left(\frac{a_j}{D_j\delta}-\frac{b_j^2}{D_ja_j\delta}+\frac{2b_j}{D_j\delta}\right)-\frac{H_{k,j}}{a_j}\Big]-P_{k-1}\left[\frac{U_{k-1,j}}{D_j}\left(1+\frac{b_j}{a_j}\right)+\right.\\
&\left.\left.+\left(H_{k-1,j}-H_{k,j}\right)\left(\frac{b_j}{D_ja_j\delta}-\frac{1}{D_j}\right)+\left(\frac{U_{k,j}}{D_j}-\frac{U_{k-1,j}}{D_j}\right)\left(\frac{a_j}{D_j\delta}-\frac{b_j^2}{D_ja_j\delta}+\frac{2b_j}{D_j\delta}\right)-\frac{H_{k-1,j}}{a_j}\right]\right\},
\end{aligned} \quad (12)$$

где

$U_{k,j}=e^{a_j\tau(q-k)}\left[b_j\cos b_j\tau(m-k)-a_j\sin b_j\tau(m-k)\right]$,

$U_{k-1,j}=e^{a_j\tau(q-(k-1))}\left[b_j\cos b_j\tau(m-(k-1))-a_j\sin b_j\tau(m-(k-1))\right]$,

$H_{k,j}=e^{a_j\tau(q-k)}\cos b_j\tau(m-k)$,

$H_{k-1,j}=e^{a_j\tau(q-(k-1))}\cos b_j\tau(m-(k-1))$,

$D_j=a_j^2+b_j^2$;

2) если комплексные корни $(s_q,s_j)=(a_q+ib_q,\ a_j+ib_j)$ имеют только действительную часть, не равную нулю:

$$\begin{aligned}
a_{mn}(q\tau)&=\int_0^{\tau}\sum_{j=1}^8 A_j\cdot e^{S_j(q\tau-t_1)}\cdot P(t_1)dt_1=\sum_{k=1}^q\int_{(k-1)\tau}^{k\tau}\sum_{j=1}^8 A_j\cdot e^{a_j(q\tau-t_1)}\cdot P(t_1)dt_1=\\
&=\sum_{j=1}^8\sum_{k=1}^q A_j\left\{P_k\left[\frac{1}{a_j^2\tau}e^{a_j\tau(q-(k-1))}-\frac{1}{a_j}e^{a_j\tau(q-k)}-\frac{1}{a_j^2\tau}e^{a_j\tau(q-k)}\right]+\right.\\
&\left.+P_{k-1}\left[\frac{1}{a_j}e^{a_j\tau(q-(k-1))}-\frac{1}{a_j^2\tau}e^{a_j\tau(q-(k-1))}+\frac{1}{a_j^2\tau}e^{a_j\tau(q-k)}\right]\right\};
\end{aligned} \quad (13)$$

3) если комплексные корни $(s_q,s_j)=(a_q+ib_q,\ a_j+ib_j)$ имеют только мнимую часть, не равную нулю:

$$a_{m\,n}(q\tau) = \int_0^{\tau}\sum_{j=1}^{8} A_j \cdot e^{S_j(q\tau - t_1)} \cdot P(t_1)dt_1 =$$

$$= \sum_{k=1}^{q}\int_{(k-1)\tau}^{k\tau}\sum_{j=1}^{8} A_j \cdot (1 + i\sin b_j(q\tau - t_1)) \cdot P(t_1)dt_1 =$$

$$= \sum_{j=1}^{8}\sum_{k=1}^{q} A_j \left\{ P_k \left[\frac{\cos b_j\tau(q-k) - \sin b_j\tau(q-k)}{b_j} + \right.\right. \qquad (14)$$

$$+ \frac{\cos b_j\tau(q-k) + \sin b_j\tau(q-k)}{b_j^2\tau} - \left.\frac{\cos b_j\tau(q-(k-1)) + \sin b_j\tau(q-(k-1))}{b_j^2\tau}\right] +$$

$$+ P_{k-1}\left[\frac{\sin b_j\tau(q-(k-1)) - \cos b_j\tau(q-(k-1))}{b_j} - \right.$$

$$\left.\left. - \frac{\cos b_j\tau(q-k) + \sin b_j\tau(q-k)}{b_j^2\tau} + \frac{\cos b_j\tau(q-(k-1)) + \sin b_j\tau(q-(k-1))}{b_j^2\tau}\right]\right\}.$$

Нормальное перемещение срединой поверхности оболочки примет вид

$$w(x,y,t) = \sum_m\sum_n a_{m\,n}(t)\sin\frac{m\pi x}{l}\sin\frac{n\pi y}{R}\ .$$

В результате итерационного процесса находим значения $w(t)$ на каждом шаге по времени. Графики изменения этих величин приведены на рисунках 2, 3 и 4.

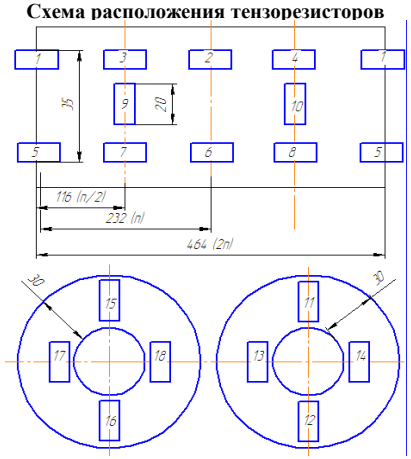
Применяя методы численного дифференцирования к системе уравнений (2), можно получить $u(x,y,t), v(x,y,t), \beta_x(x,y,t), \beta_y(x,y,t)$.

Тогда, зная компоненты перемещения точек срединной поверхности и углы поворота в направлении координатных осей, можем получить деформации на поверхности цилиндрической оболочки барабана. Зная деформации, легко получить напряжения в искомых точках, что и показано на рисунках 2-4.

Получение значений интенсивности деформации связано с численным дифференцированием и потерей точности.

Однако, полученное аналитическое решения позволяет селать вывод, что зависимость перемещений (12 – 14) и деформаций от параметров нагрузки и оболочки не носит мультипликативный характер.

Схема расположения тензорезисторов



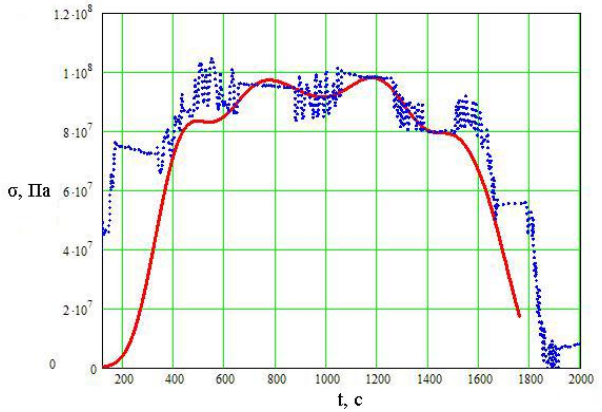


Рис. 2. Напряжения, Па в точках 7-8 в зависимости от времени, с

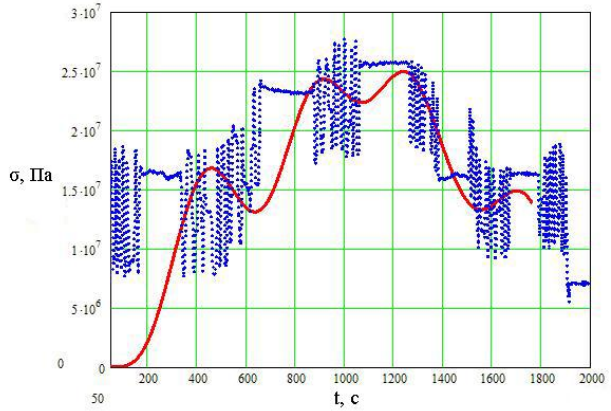


Рис. 3. Напряжения, Па в точках 3-4 в зависимости от времени, с

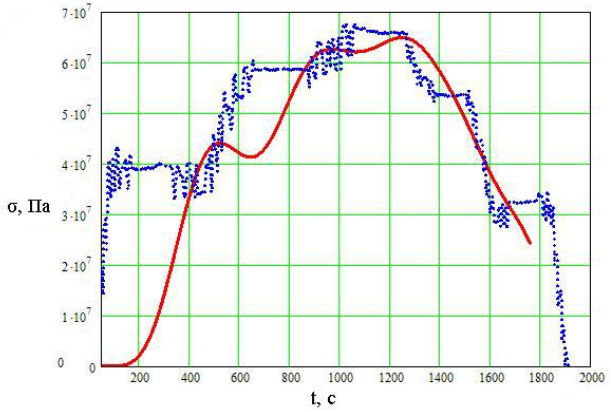


Рис. 4. Напряжения, Па в точках 9-10 в зависимости от времени, с

4. Выводы

Представленное решение получено с использованием теории Герца о статическом деформировании контактирующих объектов: каната и оболочки. Решение получены в перемещениях, оценка деформаций и напряжений требует двойного дифференцирования, что связано с дополнительной потерей точности. Это объясняется тем, что на участке гладкого и монотонного изменения перемещений их вторые производные, отражающие деформации, претерпевают резкие изменения. Градиенты изменения деформаций значительно превышают градиенты изменения перемещений.

Решение получено для всей оболочки, что предопределяет его сложность тогда, как интерес представляет гораздо более ограниченная область вокруг места контакта.

Наиболее целесообразным является построение зависимостей, в которых учтено взаимное влияние основных характеристик нагрузки и объекта.

Среди приложений задачи прочности оболочечных элементов барабана при многослойной навивке каната на барабан можно отметить такие задачи, как определение прочности барабана подъёмно-транспортных, шахтных и прочих сооружений; прочности элементов тонкостенных конструкций при производстве различных технологических операций или при воздействии на них эксплуатационных нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ковальский. Б.С.* Теория многослойной навивки каната. // Доклады Академии Наук СССР 1950. Том LXXIV, №3. МЕХАНИКА1950. С –. 429-431

2. *Александров, М. П.* Грузоподъемные машины : учебник/ М. П Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 552 с. – ISBN 5-7038-1519-9.

Белецкий Э. В., канд. техн. наук, доц.
Харьковский торгово-экономический институт
Киевского национального торгово-экономического университета
Толчинский Ю. А., канд. техн. наук, доц.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ БИНГАМОВСКОЙ ЖИДКОСТИ С ПОПЕРЕЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КАНАЛЕ ЧЕРВЯЧНОЙ МАШИНЫ

bileckyj@meta.ua

Предложено математическое описание продольного течения бингамовской жидкости с поперечной циркуляцией в прямоугольном канале червячной машины, полученные уравнения позволяют проводить моделирование разнообразных течений вязкопластических жидкостей.

Ключевые слова: *математическая модель, неньютоновские материалы, червячная машина, порог текучести, бингамовская жидкость.*

В основе многих важных процессов лежат знания закономерности течения высоковязких материалов. Эффективная организация проведения таких процессов зависит от особенностей течения высоковязких неньютоновских материалов. Такие движения порождают поля скорости и напряжений сдвига, которые выступают в качестве движущих сил и средств воздействия на материалы, обеспечивая протекание механофизических и механохимических превращений. Перемещение, в ходе которого возникают поля скорости и напряжений не может быть обеспечено насосами ввиду большой вязкости перерабатываемых материалов. Для этой цели используются червячные машины, специально предназначенные для воздействия на такие материалы [1 – 5]. Эти машины сочетают в себе способность к перемещению материала, со способностью к перемешиванию. Эти две способности являются предпосылками к эффективному механофизическому и механохимическому воздействию на материал.

Как правило, транспортирующая способность и способность силового (сдвигового) воздействия на материал, в известной степени, противоречат друг другу. Для оптимального комбинирования этих способностей необходимо рационально подобрать устройство рабочей камеры червячной машины, которая представляет собой совокупность последовательно соединенных каналов с различной геометрией. Каналы отличаются большим разнообразием своих поперечных сечений [1, 3, 4]. При анализе движения в канале различной формы отталкиваются от канала, имеющего прямоугольное поперечное сечение. Такой канал является основным, часто исходным при различных построениях. Течение в таком канале связано с реальным движением перерабатываемого червячного материала с помощью специально назначенных граничных условий [2, 5]. А именно, на границах прямоугольного канала задаются скорости движения этих границ, которые имеют как продольную (вдоль длины канала) так и поперечную составляющие. Величины этих составляющих определяются диаметром червяка, числом оборотов червяка и углом подъема винтовой линии [1, 2, 5]. Граничные скорости определяют поля скорости и напряжений внутри канала, связывая их с главными конструктивными (диаметр червяка и шаг) и режимными (число оборотов червяка) характеристиками червячной машины.

Целью настоящей работы является изучение движения бингамовского материала в прямоугольном канале с произвольным распределением продольных и поперечных составляющих граничных скоростей. Выбор такого материала продиктован значительной практической значимостью таких материалов и их распространенностью в пищевой и химической технологиях [6, 7]. В данной работе бингамовский материал изображается бингамовской жидкостью, которая имеет два постоянных параметра – вязкость μ и порог текучести τ_0. Изложение основывается на ряде работ авторов, в которых развит метод анализа течений, основанным на сведении задачи о течении в прямоугольном канале к задаче течения в плоском канале. Течение в прямоугольном канале получается в результате суперпозиции течений в двух плоских, скрещенных под прямым углом, каналах [8, 9, 10]. В данной работе изучается влияние поперечной циркуляции на такие характеристики вязкопластического течения как размеры твердого ядра, скорость ядра и расход течения.

Поперечное сечение прямоугольного канала и характеристики ядра течения представлены на рисунке 1, *а*. Течение в прямоугольном канале с движущимися границами считается трехмерным и плоским. Это значит, что все три компоненты скорости – продольная v_z и поперечные v_x и v_y зависят только от поперечных координат – *x* и *y*. Уравнения движения вязкопластической жидкости в напряжениях имеют следующий вид:

$$\frac{\partial P}{\partial z}=\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y};\qquad \gamma_x^{\pm}\equiv\frac{\Gamma_x^{\pm}}{a};\ \gamma_x^{\pm}\equiv\frac{\Gamma_x^{\pm}}{a} \tag{1}$$

$$\tau_0^2\left(\gamma_{x(y)}^{\pm}\right)=\tau_{zx}^2+\tau_{zy}^2+2\tau_{xx}^2+2\tau_{zy}^2,$$

в котором *P* – давление в канале, $\tau_{ik,i,k}= x,y,z$ – компоненты тензора напряжений; $\gamma_{x(y)}^{\pm}$ - безразмерные компоненты контура границы ядра течения; *a* и *h* – ширина и высота прямоугольника в поперечном сечении канала. Уравнения (1) можно последовательно свести к уравнениям течения в плоском канале, который имеет в поперечном сечении полосу, параллельную оси *ox* и полосу, которая в сечении в плоского канала параллельна оси *oy*. Соответственно эти каналы изображены на рис. 1б. Необходимости рассматривать решение задач течения для двух плоских каналов нет. Так как в виду соотношений двойственности между ними, достаточно рассмотреть только одно из двух течений [9, 10]. Без ограничения общности рассматривается течение в плоском канале, границы сечения которого параллельны оси *ox*. В качестве основного используется компонент тензора напряжений τ_{zy}, относительно которого делаются оценки остальных компонентов в тензора напряжений. В соответствии с этим уравнения (1) могут быть переписаны следующим образом:

$$\frac{\partial P}{\partial z}=\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial x}\kappa\rho_y^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm});\ \frac{\tau_{zx}}{\tau_{zy}}=\frac{\partial \upsilon_z/\partial x}{\partial \upsilon_z/\partial y};$$

$$\tau_0^2=\tau_{zy}^2\left[1+\left(\frac{\tau_{zx}}{\tau_{zy}}\right)^2+2\left(\frac{\tau_{xx}}{\tau_{zy}}\right)^2+2\left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{zy}}\right)^2\right]; \tag{2}$$

$$\rho_y^{\pm}=\frac{W_{\parallel x}^{+}+W_{\parallel x}^{-}-W_{\parallel}^{\pm}-\upsilon_k}{W_{\parallel y}^{\pm}-\upsilon_k},$$

где $W_{\parallel x}^{+}$, $W_{\parallel y}^{\pm}$ – граничные продольные скорости (рис. 1, *а*); υ_k – скорость движения твердого ядра; знаки «плюс» и «минус» отмечают положение выше и ниже ядра для величины с индексом *«y»* и правее и левее ядра для величин с индексом *«x»* соответственно.

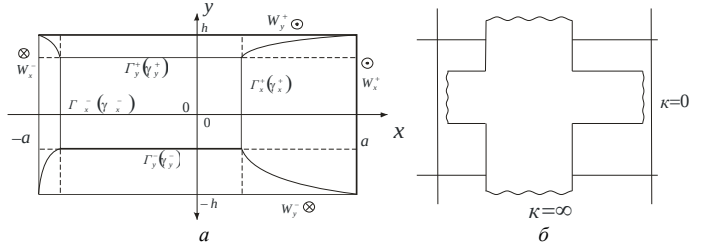


Рис. 1. Модель вязкопластического течения в прямоугольном канале

Из формул (2) следует, что дальнейшего продвижения необходимо исключить все компоненты напряжений, кроме τ_{zy}, а также выразить в первом уравнении производную от τ_{zy} по *x* через производную по *y*. Производные по этим переменным связаны соотношением $\partial/\partial x = \kappa\,\partial/\partial y$, где $\kappa = h/a$ [9, 10]. Оценки для компонентов тензора напряжений имеют следующий вид:

$$\frac{\tau_{xx}}{\tau_{zy}}=\kappa\frac{W_{\perp x}^{+}-W_{\perp x}^{-}}{W_{\parallel y}^{\pm}-\upsilon_k}(1\mp\gamma_y^{\pm}); \tag{3}$$

$$\frac{\tau_{xy}}{\tau_{zy}}=\frac{W_{\perp y}^{\pm}}{W_{\parallel y}^{\pm}-\upsilon_k}+\frac{W_{\perp x}^{+}-W_{\perp x}^{-}}{W_{\parallel y}^{\pm}-\upsilon_k}(1\mp\gamma_y^{\pm})^2,$$

где $W_{\perp x(y)}^{\pm}$ – поперечные составляющие граничных скоростей на границах прямоугольного канала, параллельных осям *ox* и *oy* соответственно. С помощью соотношений (3) систему уравнений (1) можно записать в виде, отвечающем течению в плоском канале:

$$\frac{\partial P}{\partial z}=\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y}\left[1+\kappa^2\rho_y^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm})\right]; \tag{4}$$

$$\tau_{zy}=\pm\frac{\tau_0}{\sqrt{1+\kappa^2\left[(\rho_y^{\pm})^2+(\theta_y^{\pm})^2\right](1\mp\gamma_y^{\pm})^2+\left[m_y^{\pm}+n_y^{\pm}\kappa^2(1\mp\gamma_y^{\pm})^2\right]^2}},$$

где $\rho_y^{\pm}$ определено формулой (2), равно множителю, сформированному граничными скоростями при оценке отношения τ_{xx}/τ_{zx} в формуле (3), $m_y^{\pm}$ равно первому, а $n_y^{\pm}$ – второму слагаемым, сформированным граничными скоростями для оценки отношения τ_{xy}/τ_{zy} в формуле (3). Система уравнений (4) решена в работах авторов [8, 10]. Там установлено, что скорость твердого ядра υ_k является дробно-рациональной функцией величин $\gamma_y^{\pm}$. Также установлено, что профиль продольной скорости υ_z зависит от поперечной координаты *y* квадратично. В выражения для υ_k и υ_z входят три постоянные, после исключения которых получается система двух нелинейных уравнений для нахождения величин $\gamma_y^{\pm}$. Указанными здесь особенностями обладает чисто продольное течение в прямоугольном канале. Результаты, полученные для чисто продольного течения можно перенести на течение с поперечной циркуляцией, внеся соответствующие изменения в результаты авторов [8]. Поскольку причиной поперечной циркуляции является наличие поперечных составляющих у граничных скоростей, поскольку в случае $W_{\perp x(y)}^{\pm}\equiv 0$ циркуляция отсутствует; и выполняются равенства $\theta_y^{\pm}=0$, $m_y^{\pm}=0$, $n_y^{\pm}=0$. Тогда система уравнений (4) совпадает с изученной ранее [8 – 10]. Было показано, что решение системы уравнений для границ ядра $\gamma_y^{\pm}$ и $\gamma_x^{\pm}$ для течения без поперечной циркуляции представляет собой сумму двух решений для плоских каналов со сторонами в сечениях, параллельными осям *ox* и *oy* соответственно. Таким плоским каналам отвечают предельные значения параметра формы канала $\kappa = 0$ и $\kappa = \infty$. Случай $\kappa = 0$ означает, что $h = const$, $a = \infty$; а случай $\kappa = \infty$ означает, что $h = \infty$, $a = const$. Для течения с поперечной циркуляцией система уравнений для вычисления величин $\gamma_y^{\pm}$ записывается в таком виде:

$$\frac{(1-\gamma_y^{+})^2}{1+\kappa^2\rho_y^{+}(1-\gamma_y^{+})}-\frac{(1+\gamma_y^{-})^2}{1+\kappa^2\rho_y^{-}(1+\gamma_y^{-})}=\frac{2\mu(W_{\parallel y}^{+}-W_{\parallel y}^{-})}{h\,dP/d\zeta_h},\ \zeta_h=z/h, \tag{5}$$

$$\frac{\gamma_y^{+}}{1+\kappa^2\rho_y^{+}(1-\gamma_y^{+})}-\frac{\gamma_y^{-}}{1+\kappa^2\rho_y^{-}(1+\gamma_y^{-})}=$$

$$=\frac{\tau_0}{\sqrt{1+\kappa^2\left[(\rho_y^{+})^2+(\theta_y^{+})^2\right](1-\gamma_y^{+})^2+\left[m_y^{+}+\kappa^2 n_y^{+}(1-\gamma_y^{+})^2\right]^2}}+$$

$$+\frac{\tau_0}{\sqrt{1+\kappa^2\left[(\rho_y^{-})^2+(\theta_y^{-})^2\right](1+\gamma_y^{-})^2+\left[m_y^{-}+\kappa^2 n_y^{-}(1+\gamma_y^{-})^2\right]^2}}.$$

Если систему уравнений (5) рассмотреть для случая $\kappa = 0$, то это равносильно системе уравнений для плоского канала. Это означает, что уравнения (5) при $\kappa = 0$ являются следствием следующей системы уравнений, которая после исключения постоянных c_1, $c_2^{\pm}$ превращаются в уравнения (5) при $\kappa = 0$:

$$\upsilon_z^{\pm}=\frac{h}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}\xi_y^2+\frac{(c_1\mp\tau_{0y})}{\mu}h\xi+c_2^{\pm};$$

$$\frac{h}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}(\gamma_y^{+})^2+\frac{c_1-\tau_{0y}^{+}}{\mu}h\gamma_y^{+}+c_2^{+}=\frac{h}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}(\gamma_y^{-})^2+\frac{c_1-\tau_{0y}^{-}}{\mu}h\gamma_y^{-}+c_2^{-}; \tag{6}$$

$$\gamma_y^{+}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}+c_1=\tau_{0y}^{+};\ \gamma_y^{-}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}+c_1=\tau_{0y}^{-};$$

$$\frac{h}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}+\frac{c_1-\tau_{0y}^{+}}{\mu}h+c_2^{+}=W_{\parallel y}^{+};\ \frac{h}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}-\frac{c_1+\tau_{0y}^{-}}{\mu}h+c_2^{-}=W_{\parallel y}^{-};$$

$$\tau_{0y}^{\pm}=\frac{\tau_0}{\sqrt{1+(m_y^{\pm})^2}};\ m_y^{\pm}=\frac{W_{\perp y}^{\pm}}{W_{\parallel y}^{\pm}-\upsilon_k}.$$

После проведения ряда преобразований, которые ввиду громоздкости и простоты не приводятся для решений уравнений (6) можно придти к таким выражениям:

$$\gamma_y^{\pm}(\kappa=0)=\pm\frac{\tau_{0y}^{+}+\tau_{0y}^{-}}{2dP/d\zeta_h}+\frac{\mu(W_{\parallel y}^{+}-W_{\parallel y}^{-})}{2h\,dP/d\zeta_h\left(1-\dfrac{\tau_{0y}^{+}+\tau_{0y}^{-}}{2dP/d\zeta_h}\right)}. \tag{7}$$

Если поперечная циркуляция отсутствует, то $\tau_0^{+}=\tau_0^{-}$, поскольку $m_y^{\pm}$ обращаются в ноль. Используя двойственный характер величин, характеризующих течения в плоских взаимно перпендикулярных каналах с шириной *h* и *a*, исходя из формулы (7) можно сразу записать выражения для величин $\gamma_x^{\pm}$ для к = ∞:

$$\gamma_x^{\pm}(\kappa=\infty)=\pm\frac{\tau_{0x}^{+}+\tau_{0x}^{-}}{2dP/d\zeta_a}+\frac{\mu(W_{\parallel x}^{+}-W_{\parallel x}^{-})}{2a\,dP/d\zeta_a\left(1-\dfrac{\tau_{0x}^{+}+\tau_{0x}^{-}}{2dP/d\zeta_a}\right)},\ \zeta_a=\frac{z}{a}. \tag{8}$$

Формулы (7) и (8) дают решение системы уравнений (5) для величин $\gamma_y^{\pm}$ при к =0 и аналогичной системы уравнений для величин $\gamma_x^{\pm}$, которая отличается от (5) переменной всех индексов *«y»* на индексы *«x»* и заменой $\kappa\to 1/\kappa$, и которая в силу этого и избегания повторений не записывалась.

Далее необходимо решить систему уравнений (5) для другого предельного случая: $\kappa = \infty$, после чего, используя соображения двойственности, записать выражения для $\gamma_x^{\pm}(\kappa=0)$. Система уравнений (5) в пределе $\kappa = \infty$: принимает следующий вид:

$$\begin{cases}\dfrac{1-\gamma_y^{+}}{\rho_y^{+}}-\dfrac{1+\gamma_y^{-}}{\rho_y^{-}}=\dfrac{2\mu}{a}\dfrac{W_{\parallel y}^{+}-W_{\parallel y}^{-}}{dP/d\zeta_a},\\ \dfrac{\gamma_y^{+}}{\rho_y^{+}(1-\gamma_y^{+})}-\dfrac{\gamma_y^{-}}{\rho_y^{-}(1+\gamma_y^{-})}=0.\end{cases} \tag{9}$$

Можно показать, что система уравнений (9) равносильна одному квадратному уравнению относительно $\gamma_y^{\pm}$. Опуская длинные и громоздкие преобразования результат системы уравнений (9) может быть записан в таком виде:

$$\frac{1\mp\gamma_y^{\pm}}{\rho_y^{\pm}}=-\frac{1}{2}\left[\pm\tau_{wy}-\frac{(\rho_y^{+})^2+(\rho_y^{-})^2}{\rho_y^{+}\rho_y^{-}(\rho_y^{+}+\rho_y^{-})}\right]+\sqrt{\left[\pm\tau_{wy}-\frac{(\rho_y^{+})^2+(\rho_y^{-})^2}{\rho_y^{+}\rho_y^{-}(\rho_y^{+}+\rho_y^{-})}\right]^2+\tau_{wy}\frac{\rho_y^{+}}{\rho_y^{-}(\rho_y^{+}+\rho_y^{-})}} \tag{10}$$

$$\tau_{wy}\equiv\frac{2\mu}{a}\frac{W_{\parallel y}^{+}-W_{\parallel y}^{-}}{dP/d\zeta_a}.$$

Особенностью решения (10) является тот факт, что зависимость этого решения от поперечных характеристик течения, которые сконцентрированы в величинах $m_y^{\pm}$ и $n_y^{\pm}$ отсутствует. Иначе говоря, величины $\gamma_y^{\pm}(\kappa=0)$ зависят от поперечных граничных скоростей, а величины $\gamma_y^{\pm}(\kappa=0)$ не зависят. Общая же (не для этого предельного случая) зависимость $\gamma_y^{\pm}$ от $m_y^{\pm}$ и $n_y^{\pm}$ присутствует. В этом можно убедиться, если систему уравнений (5) разложить в ряд по параметру $1/\kappa$ вблизи точки $\kappa = \infty$ $(1/\kappa = 0)$. В первом и последующих слагаемых такая зависимость присутствует.

В силу уже упомянутого свойства двойственности между $\gamma_y^{\pm}(\kappa)$ и $\gamma_x^{\pm}(1/\kappa)$ сразу можно записать выражение для величин $\gamma_x^{\pm}(\kappa=0)$. Для этого необходимо в формуле (10) во всех величинах с индексом *«y»* заменить его на индекс *«x»;* в величине τ_{wx} (которая заменяет τ_{wy}) необходимо заменить множитель $1/a$ на множитель $1/h$; в производной давления надо заменить переменную ζ_a на переменную ζ_h. С

учетом сказанного теперь можно построить выражения для $\gamma_y^{\pm}(\kappa)$ и $\gamma_x^{\pm}(\kappa)$ во всем диапазоне изменения этого параметра, опираясь на выражения (7), (8), (10) и его аналог для $\gamma_x^{\pm}(\kappa=0)$. Принимая во внимание, что уравнения (5) и их аналог для $\gamma_x^{\pm}$ содержит зависимость только от κ^2, следует заключить, что точное решение для уравнений (5) и их аналогов для $\gamma_x^{\pm}$ зависят только от κ^2. Поэтому любая интерполирующая формула, базирующаяся на предельных своих значениях (7), (10) должна состоять из множителей, зависящих только от κ^2. Простейшая из соответствующих интерполяций имеет такой вид:

$$\gamma_y^{\pm}(\kappa)=\gamma_y^{\pm}(\kappa=0,W_{\parallel y}^{\pm},W_{\parallel x}^{\pm},W_{\perp y}^{\pm})\frac{1}{1+\kappa^2}+\gamma_y^{\pm}(\kappa=\infty,W_{\parallel y}^{\pm},W_{\parallel x}^{\pm})\frac{\kappa^2}{1+\kappa^2}; \quad (11)$$

$$\gamma_x^{\pm}(\kappa)=\gamma_x^{\pm}(\kappa=0,W_{\parallel x}^{\pm},W_{\parallel y}^{\pm})\frac{1}{1+\kappa^2}+\gamma_x^{\pm}(\kappa=\infty,W_{\parallel x}^{\pm},W_{\parallel y}^{\pm},W_{\perp x}^{\pm})\frac{\kappa^2}{1+\kappa^2}.$$

Для вычисления скорости твердого ядра и расхода течения формул (7), (8), (10) и ее аналога для $\gamma_x^{\pm}(\kappa=0)$ и (11) достаточно. Для вычисления плотности энергии диссипации к этому необходимо добавить формулы для поперечных (циркуляционных) течений. Скорость продольного течения в областях, расположенных между границами твердого ядра $\gamma_y^{\pm}$, и границами прямоугольного канала $y=\pm h$ находятся в результате решения первого уравнения — уравнение течения в формулах (2). Это уравнение относительно продольной скорости υ_z является уравнением второго порядка по единственной переменной y. Градиент давлений при этом есть величина постоянная. Если использовать безразмерную переменную $\xi_h=y/h$, то профиль скорости υ_z представляет собой квадратный трехчлен. Скорость продольного течения υ_z для областей, расположенных между границами твердого ядра $\gamma_x^{\pm}$ и границами прямоугольника с координатами $x=\pm a$ так же является квадратным трехчленом, зависящим от переменной $\xi_a=x/a$. Границы между областями с зависимостью продольной скорости от переменной ξ_h и ξ_a представляют собой кривые, проходящие через вершины прямоугольника ядра и прямоугольника в поперечном сечении канала. Уравнения эти кривых даны в работе авторов [10]. Процедура вычисления расхода сводится к вычислению расходов в каждой из четырех областей, изображенных на рис. 1а. Все эти области одного типа – трапеции с криволинейными боковыми сторонами. Общий расход в канале равен сумме расходов в областях, указанных выше и расхода твердого ядра. Последний равен произведению площади ядра на его скорость. Как показано авторами, расход продольного течения без поперечной циркуляции представляет собой дробно-рациональное выражение, включающее величины $\gamma_x^{\pm}$ и $\gamma_y^{\pm}$ в степенях с первой по четвертую. Величина расхода течения с поперечной циркуляцией имеет вид, совпадающий с видом течения без циркуляции. Все отличия сосредоточены в величинах $\gamma_x^{\pm}$ и $\gamma_y^{\pm}$, которые, в соответствии с (11) содержит в качестве независимых аргументов поперечные граничные скорости $W_{\perp x}^{\pm}$, $W_{\perp y}^{\pm}$.

Скорость продольного течения с поперечной циркуляцией можно записать в таком виде:

$$\upsilon_z^{\pm}=-\frac{h}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}\frac{1-\xi_y^2}{1+\kappa^2\rho_y^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm})}\pm\frac{h}{\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_h}\frac{\gamma_y^{\pm}(1\mp\xi_y)}{1+\kappa^2\rho_y^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm})}+W_{\parallel y}^{\pm},\ +\colon\ \gamma_y^{+}\le\xi_x\le 1,$$

$$-\colon\ -1\le\xi_y\le\gamma_y^{-}, \quad (12)$$

$$\upsilon_z^{\pm}=-\frac{a}{2\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_a}\frac{1-\xi_x^2}{1+(1/\kappa^2)\rho_x^{\pm}(1\mp\gamma_x^{\pm})}\pm\frac{a}{\mu}\frac{\partial P}{\partial\zeta_a}\frac{\gamma_x^{\pm}(1\mp\gamma_x^{\pm})}{1+\kappa^2\rho_x^{\pm}(1\mp\gamma_x^{\pm})}+W_{\parallel x}^{\pm},\ +\colon\ \gamma_x^{+}\le\xi_x\le 1,$$

$$-\colon\ -1\le\xi_x\le\gamma_x^{-},$$

$$\xi_y=\frac{y}{h};\ \xi_x=\frac{x}{a};\ \xi_h=\frac{z}{h};\ \xi_a=\frac{z}{a}.$$

Скорости υ_x и υ_y поперечного течения в прямоугольном канале следует искать тоже в виде квадратного выражения от переменных ξ_x и ξ_y. При этом соответствующие поперечные градиенты являются искомыми величинами, в отличие от продольного градиента давления $\partial P/\partial z$, которые является независимой величиной и задается постоянным. Для нахождения поперечных скоростей и градиентов давлений следует записать уравнения поперечного течения для тех

же областей что и для продольного течения. Эти уравнения имеют такой вид:

$$\frac{\partial P}{\partial x}=\frac{\partial\tau_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{xz}}{\partial z},\ \tau_0^2=\tau_{zx}^2+\tau_{zy}^2+2\tau_{xx}^2+2\tau_{xy}^2 \quad (13)$$

$$\frac{\partial P}{\partial y}=\frac{\partial\tau_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial\tau_{yy}}{\partial y}+\frac{\partial\tau_{yz}}{\partial z}.$$

Для определенности рассматриваются сначала поперечные течения для областей, задаваемых неравенствами $\gamma_y^{+}\le\xi_x\le 1,\ -1\le\xi_y\le\gamma_y^{-}$. В этом случае независимой переменной для скорости течения $\upsilon_x^{\pm}$ будет ξ_y, а давление будет зависеть от переменной ξ_x. Непосредственно из рис. 1, *а* усматривается, что отношения компонентов τ_{xx}/τ_{xy}, τ_{xz}/τ_{xy} равно:

$$\frac{\tau_{xx}}{\tau_{xy}}=\frac{\partial\upsilon_x^{\pm}/\partial x}{\partial\upsilon_x^{\pm}/\partial y+\partial\upsilon_x^{\pm}/\partial x}=\frac{\kappa(W_{\perp x}^{+}-W_{\perp x}^{-})(1\mp\gamma_y^{\pm})}{W_{\perp y}^{+}+\kappa^2(W_{\perp x}^{+}-W_{\perp x}^{-})(1\mp\gamma_y^{\pm})^2}\equiv\kappa\rho_{yx}^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm}); \quad (14)$$

$$\frac{\tau_{xz}}{\tau_{xy}}=\frac{\partial\upsilon_z^{\pm}/\partial x}{\partial\upsilon_x^{\pm}/\partial y+\partial\upsilon_y^{\pm}/\partial x}=\frac{\kappa(W_{\parallel x}^{+}-W_{\parallel x}^{-})(1\mp\gamma_y^{\pm})}{W_{\perp y}^{+}+\kappa^2(W_{\perp x}^{+}-W_{\perp x}^{-})(1\mp\gamma_y^{\pm})^2}\equiv\kappa\rho_{zy}^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm}).$$

Если в первое из уравнений (13) подставить значения τ_{xx} и τ_{xz}, выраженные через τ_{xy} в соответствии в (14), то получится уравнение в частных производных связывающее $\partial P/\partial x$ и частные производные от τ_{xy}. Используя оценки $\partial/\partial x\approx\kappa\partial/\partial y$; $\partial/\partial z\sim\kappa_{zh}\partial/\partial y$, где $\kappa_{zh}=h/L$ для величины τ_{xy} получается следующее уравнение:

$$\frac{\partial P_y^{\pm}}{\partial\zeta_a}=\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial\xi_h}\left[1+\kappa^2\rho_{yx}^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm})+\kappa\kappa_{zh}\rho_{zy}^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm})\right], \quad (15)$$

где $P_y^{\pm}$ – давление в областях выше ядра течения.

Для областей, задаваемых неравенствами $\gamma_x^{+}\le\xi_x\le 1$ и $-1\le\xi_x\le\gamma_x^{-}$ следует рассматривать второе уравнение движения (13). В этом случае независимой переменной для скорости $\upsilon_y^{\pm}$ будет ξ_x, а давление будет зависеть от независимой переменной ξ_y. Из приведенных здесь рассуждений следует, что компоненты напряжений τ_{yy} и τ_{yz} следует выразить через компоненту τ_{yx}. Это легко сделать так, как $\tau_{yy}=-\tau_{xx}$ в силу уравнения сохранения потока, а отношение τ_{yx}/τ_{yx} вычисляется так же, как и во второй формуле (14). Можно найти соответствующие отношения без вычисления с помощью отношений двойственности. Для этого надо в формулах (14) заменить индекс *«y»* на индекс *«x»* и наоборот, а величину к на $1/\kappa^2$, и ввести соответственно для отношения τ_{yy}/τ_{yx} обозначение $(1/\kappa)\rho_{xy}^{\pm}(1\mp\gamma_x^{\pm})$, и для отношения τ_{yz}/τ_{yx} обозначение $(1/\kappa)\rho_{zx}^{\pm}(1\mp\gamma_x^{\pm})$.

Возвращаясь к уравнению (15), его следует решить с граничными условиями, отличными от граничных условий для продольной скорости υ_z. Поперечные скорости должны на границах прямоугольники в сечении канала быть равными поперечным скоростям границ. На поверхности твердого ядра поперечные скорости должны обращаться в ноль. Из формулы (15) для давлений $P_y^{\pm}$ и давлений $P_x^{\pm}$ для областей левее и правее ядра следует, что $P_y^{\pm}=P_y^{\pm}(\zeta_a)$, $P_x^{\pm}=P_x^{\pm}(\xi_h)$. Переменные ζ_a и ξ_h изменяются в таких пределах: $\gamma_x^{+}\le\xi_h\le 1$; $-1\le\xi_h\le\gamma_x^{-}$; $\gamma_x^{+}\le\zeta_a\le 1$; $-1\le\zeta_a\le\gamma_x^{-}$. Следовательно, скорости поперечного течения должны зависеть от величин $dP_y^{\pm}/d\zeta_a$ и $dP_x^{\pm}/d\xi_h$ как от параметров, которые следует найти. Для отыскания неизвестных поперечных градиентов давлений следует воспользоваться такими вспомогательными представлениями. Течение между твердым ядром и границами канала в поперечной плоскости можно представить себе как течение в четырех последовательно соединенных каналах различной ширины и длины с движущимися и неподвижными границами. В каждом из этих каналов реализуются суммарное течение, состоящее из волокущего течения и напорного течения. Волокущее течение вызвало движением соответствующей границы, а напорное – перепадов поперечного давления. Четыре упомянутых канала образуют замкнутый канал. Это означает, что разность давлений по контуру четырех каналов должна обращаться в ноль. Поскольку поперечные каналы соединены в замкнутый контур последовательно, постольку расходы поперечных течений в каждом канале равны между собой. Условие одинаковости всех расходов дает три условия на неизвестные величины градиентов давления. Еще одно условие, получается, из-за равенства нулю перепада давлений вдоль замкнутого контура каналов. Дополнительным неизвестным параметром является давление в начальной точке замкнутого контура (она же конечная его точка). Выбор начальной точки

произволен. Он не сказывается на результатах. Ниже в качестве начальной точки для давления используется точка с координатами $\zeta_a=1$ и $\xi_h=1$. Для определения давления в этой точке следует использовать следующее условие: среднее значение давления в поперечном сечении прямоугольного канала должно быть равным значению продольного давления в этом сечении. Продольное давление является линейной функцией продольной координаты z и краевых условий на торцах канала. Продольное давление задается независимо через указание величин давлений P_h и P_k. Из сказанного следует, что поперечное давление является функцией продольной координаты z, величин $P_h(z=0)$ и $P_k(z=L)$ и значений поперечных скоростей границ $W_{\perp y}^{\pm}$, $W_{\perp x}^{\pm}$. Другая группа параметров, определяющих поведение поперечного давления, связана с характеристиками продольного течения. Эти характеристики следующие: $\gamma_y^{\pm}$, $\gamma_x^{\pm}$, $\rho_{yx}^{\pm}$, $\rho_{zy}^{\pm}$, которые, в свою очередь, зависят от μ, τ_0, $W_{\parallel y}^{\pm}$, $W_{\parallel x}^{\pm}$. Таким образом, поперечное давление зависит от всех граничных скоростей и координат границ твердого ядра и параметра формы κ. После этих замечаний можно приступить к выводу уравнений для поперечного давления и расхода. Все сказанное выше изображено на рис. 2.

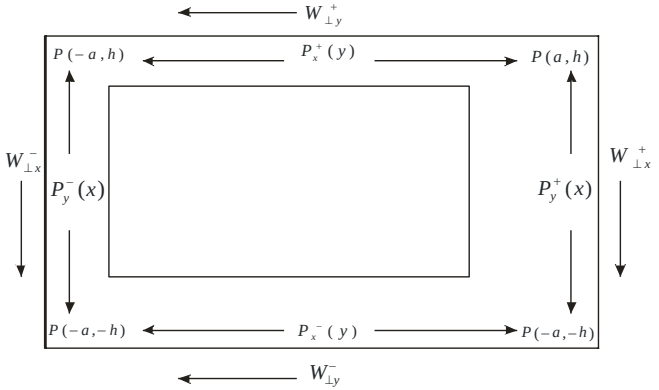


Рис. 2. Характеристики ядра течения

Решение уравнений (15) для $\upsilon_x^{\pm}(\xi_h)$ и его аналога для $\upsilon_y^{\pm}(\xi_a)$ в указанных выше пределах с обсужденными выше граничными условиями получается после ряда громоздких преобразований и двукратного интегрирования по поперечной переменной ξ_h для $\upsilon_x^{\pm}$ и ζ_a для $\upsilon_y^{\pm}$. Результат имеет следующий вид:

$$\upsilon_x^{\pm}(\xi_h)=\frac{h}{2\mu}\frac{1}{1+\kappa^2R^{\pm}(1\mp\gamma_y^{\pm})}\frac{\partial P_y^{\pm}}{\partial\zeta_a}\left[\xi_h^2-\gamma_y^{\pm 2}\pm(1\pm\gamma_y^{\pm})(\gamma_y^{\pm}-\xi_h)\right]\pm\frac{W_{\perp y}^{\pm}(\xi_h-\gamma_y^{\pm})}{(1\mp\gamma_y^{\pm})};$$

$$\upsilon_y^{\pm}(\zeta_a)=\frac{a}{2\mu}\frac{1}{1+\frac{1}{\kappa^2}S^{\pm}(1\mp\gamma_x^{\pm})}\frac{\partial P_x^{\pm}}{\partial\zeta_h}\left[\zeta_a^2-\gamma_x^{\pm 2}\pm(1\pm\gamma_x^{\pm})(\gamma_x^{\pm}-\zeta_a)\right]\pm\frac{W_{\perp x}^{\pm}(\xi_x-\gamma_x^{\pm})}{(1\mp\gamma_x^{\pm})};\qquad(16)$$

$$R^{\pm}=\rho_{yx}^{\pm}+\frac{\kappa_{zh}}{\kappa}\rho_{zy}^{\pm};\ S^{\pm}=\rho_{xy}^{\pm}+\frac{\kappa}{\kappa_{za}}\rho_{xz}^{\pm};$$

$$\kappa_{zh}=\frac{h}{L};\ \kappa_{za}=\frac{a}{L}.$$

Вычисление расхода течения в каждом канале происходит интегрированием скорости $\upsilon_x^{\pm}(\xi_h)$ в промежутках (γ_y^{+}, 1) и (-1, γ_y^{-}); и скорости $\upsilon_x^{\pm}(\zeta_a)$ в промежутках (γ_x^{+}, 1) и (-1, γ_x^{-}). Результаты интегрирования записываются таким образом:

$$\dot V_y^{+}=h\int_{\gamma_y^{+}}^{1}\upsilon_x^{+}d\xi_h=\frac{h^2}{2\mu}\frac{1}{1+\kappa^2R^{+}(1-\gamma_y^{+})}\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}\left[\frac{1-3\gamma_y^{+2}+2\gamma_y^{+3}}{3}-\frac{(1+\gamma_y^{+})(1-\gamma_y^{+})^2}{2}\right]+\frac{W_{\perp y}^{+}h}{2}(1+\gamma_y^{+});$$

$$\dot V_y^{-}=h\int_{-1}^{\gamma_y^{-}}\upsilon_x^{-}d\xi_h=\frac{h^2}{2\mu}\frac{1}{1+\kappa^2R^{-}(1+\gamma_y^{-})}\frac{\partial P_y^{-}}{\partial\zeta_a}\left[\frac{1-3\gamma_y^{-2}-2\gamma_y^{-3}}{3}-\frac{(1-\gamma_y^{-})(1+\gamma_y^{-})^2}{2}\right]+\frac{W_{\perp y}^{-}h}{2}(1+\gamma_y^{-});\qquad(17)$$

$$\dot V_x^{+}=a\int_{\gamma_x^{+}}^{1}\upsilon_y^{+}d\zeta_a=\frac{a^2}{2\mu}\frac{1}{1+\frac{1}{\kappa^2}S^{+}(1-\gamma_x^{+})}\frac{\partial P^{+}}{\partial\xi_h}\left[\frac{1-3\gamma_x^{+2}+2\gamma_x^{+3}}{3}-\frac{(1+\gamma_x^{+})(1-\gamma_x^{+})^2}{2}\right]+\frac{W_{\perp x}^{+}h}{2}(1+\gamma_x^{+});$$

$$\dot V_x^{-}=a\int_{-1}^{\gamma_x^{-}}\upsilon_y^{-}d\zeta_a=\frac{a^2}{2\mu}\frac{1}{1+\frac{1}{\kappa^2}S^{-}(1+\gamma_x^{-})}\frac{\partial P^{-}}{\partial\xi_h}\left[\frac{1-3\gamma_x^{-2}-2\gamma_x^{-3}}{3}-\frac{(1-\gamma_x^{-})(1+\gamma_x^{-})^2}{2}\right]+\frac{W_{\perp x}^{-}a}{2}(1+\gamma_x^{-}).$$

Тот факт, что каналы поперечной циркуляции образуют замкнутый контур, а само поперечное давление должно быть непрерывным на стыках каналов, приводит к таким соотношениям между значениями давлений: $P_y^{+}(-a)=P_x^{-}(+h)$, $P_x^{-}(-h)=P_y^{-}(-a)$, $P_y^{-}(+a)=P_x^{+}(-h)$, $P_x^{+}(+h)=P_y^{+}(+a)$. Из уравнения (15) и его аналога для $\upsilon_y^{\pm}(\zeta_a)$ следует, что зависимость давлений от соответствующих координат вдоль поперечных каналов имеет следующий вид:

$$P_y^{+}=P_0+\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}(\zeta_a-1);$$

$$P_x^{-}=P_0-2\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}+\frac{\partial P_x^{-}}{\partial\xi_h}(\xi_h-1);$$

$$P_y^{-}=P_0-2\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}-2\frac{\partial P_x^{-}}{\partial\xi_h}+\frac{\partial P_y^{-}}{\partial\zeta_a}(\zeta_a+1);$$

$$P_x^{+}=P_0-2\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}-2\frac{\partial P_x^{-}}{\partial\xi_h}+2\frac{\partial P_y^{-}}{\partial\zeta_a}+\frac{\partial P_x^{+}}{\partial\xi_h}(\xi_h+1),$$

где P_0 – давление в точке начала отсчета с координатами $(x=a, y=h)$.

Среднее значение поперечного давления по замкнутому контуру, охватывающего твердое ядро определяется как сумма интегралов по переменным ξ_h и ζ_a в соответствующих пределах. При интегрировании слагаемые с ξ_h и ζ_a дают нулевой вклад. Поэтому среднее значение поперечного давления оказывается таким:

$$2P_0-\frac{3+4\kappa}{1+\kappa}\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}+\frac{1+2\kappa}{1+\kappa}\frac{\partial P_y^{-}}{\partial\zeta_a}-\frac{1+3\kappa}{1+\kappa}\frac{\partial P_x^{-}}{\partial\xi_h}+\frac{\kappa}{1+\kappa}\frac{\partial P_x^{+}}{\partial\xi_h}=P_{\parallel}(z),\qquad(19)$$

$$P_{\parallel}(z)=\frac{P_K-P_H}{L}Z+P_H.$$

Условия равенства нулю перепада давления вдоль замкнутого контура накладывает следующее ограничение на градиенты поперечных давлений:

$$-\frac{\partial P_y^{+}}{\partial\zeta_a}+\frac{\partial P_y^{-}}{\partial\zeta_a}-\frac{\partial P_x^{-}}{\partial\xi_h}+\frac{\partial P_x^{+}}{\partial\xi_h}=0.\qquad(20)$$

Совокупность уравнений (19), (20), а также трех уравнений, которые получаются приравниванием выражений для расходов, задаваемых формулами (17) составляют систему пяти линейных уравнений для определения пяти неизвестных: $\partial P_x^{\pm}/\partial\zeta_a$, $\partial P_x^{\pm}/\partial\xi_h$ и P_0. Решая эти уравнения и подставив результаты в формулы (16) можно получить замкнутые выражения для скоростей поперечной циркуляции. Имея скорости $\upsilon_x^{\pm}(\xi_h)$ и $\upsilon_y^{\pm}(\zeta_a)$ можно вычислить энергию диссипации вязкопластического течения в прямоугольном канале с учетом поперечной циркуляции. Процедура вычисления основана на то, что в каждой из четырех областей, на которые разбит прямоугольник в сечении канала, имеется течение, которое имеет продольную и поперечную составляющие. Для областей выше и ниже ядра – это $\upsilon_z^{\pm}(\xi_h)$ и $\upsilon_x^{\pm}(\xi_h)$; для областей левее и правее ядра – это $\upsilon_z^{\pm}(\zeta_a)$ и $\upsilon_y^{\pm}(\zeta_a)$. Следует также учесть, что в силу уравнения (19) кажется, что возникает дополнительная зависимость величин $\upsilon_x^{\pm}$ и $\upsilon_y^{\pm}$ от продольной координаты z. Поэтому величина энергии диссипации $\dot e$, приходящаяся на поперечное

сечение прямоугольного канала должна включать слагаемые, которые содержат от $(\partial \upsilon_x^{\pm}/\partial z)^2$ и $(\partial \upsilon_y^{\pm}/\partial z)^2$. На самом деле такой зависимости нет. Уравнения для расходов включают только градиенты давлений по поперечным координатам так, что условия постоянства расхода и нулевое изменение давления вдоль замкнутого контура составляют четыре независимых уравнения для четырех градиентов. Поэтому, хотя величина давления в канале зависит от всех координат x, y, z, кинематические величины зависят только от координат x и y. Учитывая эти соображения величину $\dot{e}$ можно представить в виде такой суммы:

$$\frac{\dot{e}}{2\mu} = \int_{\Gamma_y^+}^{h}\left(\frac{\partial \upsilon_z^+}{\partial y}\right)^2 dy\cdot 2a + \int_{-h}^{\Gamma_y^-}\left(\frac{\partial \upsilon_z^-}{\partial y}\right)^2 dy\cdot 2a + \int_{\Gamma_x^+}^{a}\left(\frac{\partial \upsilon_z^+}{\partial x}\right)^2 dx\cdot 2h + \int_{-a}^{\Gamma_x^-}\left(\frac{\partial \upsilon_z^-}{\partial y}\right)^2 dx\cdot 2h + \\ + \int_{\Gamma_y^+}^{h}\left(\frac{\partial \upsilon_x^+}{\partial y}\right)^2 dy\cdot 2a + \int_{-h}^{\Gamma_y^-}\left(\frac{\partial \upsilon_x^-}{\partial y}\right)^2 dy\cdot 2a + \int_{\Gamma_x^+}^{a}\left(\frac{\partial \upsilon_y^+}{\partial x}\right)^2 dx\cdot 2h + \int_{-a}^{\Gamma_x^-}\left(\frac{\partial \upsilon_y^-}{\partial y}\right)^2 dx\cdot 2h. \quad (21)$$

Величина продольного расхода течения вычисляется для каждой из областей отдельно и так же суммируется. В результате для расхода $\dot{V}_z$ получается следующее выражение:

$$\dot{V}_z = \int_{\Gamma_y^+}^{h}\upsilon_{zy}^+ dy\cdot 2a + \int_{-h}^{\Gamma_y^-}\upsilon_{zy}^- dy\cdot 2a + \int_{\Gamma_x^+}^{a}\upsilon_{zx}^+ dx\cdot 2h + \int_{-a}^{\Gamma_x^-}\upsilon_{zx}^- dx\cdot 2h, \quad (22)$$

где υ_{zy}^+ даются формулами (8), а $\upsilon_{zx}^{\pm}$ – их аналогами на основании принципа двойственности.

Резюмируя смысл полученных результатов, можно сделать вывод о том, что модель трехмерного течения бингамовской жидкости в канале прямоугольного поперечного сечения была построена с использованием двух основных приемов. Первый из них, состоит в разбиении прямоугольника на твердое ядро и четыре прямоугольные области. Второй прием состоит в том, что вязкое течение в каждой из областей является двухмерным – продольным и поперечным, но и то и другое течения зависят только от одной координаты. Это означает, что такие течения эквивалентны течениям с поперечной циркуляцией в плоском канале. Следует отметить и дополнительный прием, вытекающий из первых двух, который заключается в том, что ядро течения бингамовской жидкости имеет в сечении прямоугольник, а это, безусловно, следует считать некоторым приближением к реальной ситуации. Такой подход оправдывает себя тем, что позволяет в явном аналитическом виде вычислить все основные характеристики сложного трехмерного течения и проанализировать зависимость от граничных условий. При этом следует отметить, что учтены все восемь продольных и поперечных граничных условий с любым возможным их распределением на границах канала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ясногородский А.Я., Звездин А.Г.* Многоцелевые двухшнековые машины для перерабатывающих технологий. – Х.: 2006. – 184 с.
2. *Бернхард Э.* Переработка пластических масс. – М.: Химия. 1965. – 746 с.
3. Прессы пищевых и кормовых производств. – под ред. А.Я. Соколова. – М.: Машиностр. 1973. – 232 с.
4. *Герман Х.* Шнековые машины в технологии. – Л.: Химия. 1975. – 229 с.
5. *Тадмор З., Гогос К.* Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия. 1984. – 628 с.
6. *Райнер М.* Реология. – М.: Наука. ГРФМЛ. 1965. – 223 с.
7. *Мачихин Ю.А., Мачихин С.А.* Инженерная реология пищевых материалов. – М.: 1981.
8. Модель в'язкопластичного бінгамовської течії в прямокутному каналі / Е.В.Білецький, Ю.А. Толчинський // Обладнання та технології харчових виробництв – 2010. – № 1 (10) – С.122-125.
9. Течія в'язкопластичної рідини в пласкому каналі / Е.В.Білецький, Ю.А. Толчинський // Наукові праці ОНАХТ. – 2010. - №37 – С. 122-126
10. Модель вязкопластического течения в прямоугольном канале / Е.В.Білецький, Ю.А. Толчинський // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – 3-16 С.

Рудяк Ю. А., канд. физ.-мат. наук
Тернопольский государственный медицинский университет им. И.Я. Горбачевского

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА ДИФФУЗНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО РАССЕИВАНИЯ

v_stetsenko_v@mail.ru

В статье приведены данные по экспериментальной реализации метода диффузного поверхностного рассеивания (МДПР) определением напряженно-деформированного состояния (НДС) объектов. Определены деформации растяжения при различных схемах измерения интенсивностей зеркальной и диффузных составляющих рассеянного поверхностью объекта светового потока.

Ключевые слова: *диффузное поверхностное рассеяние, деформация, напряженно-деформированное состояние, световой поток.*

Постановка проблемы. Оценка прочностной надёжности и остаточного ресурса элементов машин и конструкций остаётся достаточно сложной проблемой, которую не всегда удаётся решить при помощи аналитических или численных методов. Для сложных случаев НДС, особенно при наличии геометрических и технологических концентраторов, часто, единственно применимыми становятся экспериментальные методы. Особое место среди которых, ввиду их высокой эффективности, занимают оптические. Поэтому значительный практический интерес и актуальность для инженерной практики приобретает развитие новых оптических методов экспериментальной механики.

Краткий анализ последних достижений и публикаций. Существующие оптические экспериментальные методы можно условно разделить на две большие группы: интерференционные и оптико-геометрические. К первой группе относятся такие методы, как поляризационно-оптический, голографической интерферометрии, оптически чувствительных покрытий. Ко второй – метод градиентной фотоупругости, метод каустик, зеркально-оптический метод [1]. Используя методы первой группы, НДС объектов определяют, расшифровывая интерференционные картины, а методы второй группы основаны на определённых геометрических измерениях, например, отклонении луча. Предложенный метод, использующий эффект диффузного поверхностного рассеивания не относится ни к первой, ни ко второй группе известных методов [2,3]. Он основывается на измерениях интенсивностей зеркальной и диффузных составляющих рассеянного поверхностью деформированного объекта светового потока. На наш взгляд, включение метода в арсенал экспериментатора позволит расширить возможности инженера-прочниста оценивать остаточный ресурс элементов конструкций, наряду с имеющимися современными подходами [4].

Постановка задачи. Осуществить на тестовых экспериментах реализацию МДПР при различных схемах измерения.

Материалы и результаты исследования.

Для экспериментальной реализации НДС при помощи МДПР были проведены эксперименты с двумя образцами.

1. Пластина из материала на базе пластифицированной эпоксидно-дианновой смолы ЭД-20 М размерами 125×31×1,6 мм. Обе поверхности пластины обработали фрезерованием. После механической обработки параметры шероховатости следующие: R_Z = 100-200 мкм S=5-12 мкм. С помощью катетометра определены модуль Юнга I рода и коэффициент Пуассона материала пластины: E= 570 МПа, μ=0,37.

2. Пластина из материала на базе пластифицированной эпоксидно-дианновой смолы ЭД-20М размерами 80×20×1 мм. После механической обработки поверхности пластины имеют шероховатость : R_Z = 100-200 мкм S=5-12 мкм. Предварительно определены механические константы материала пластин: E=954 МПа, μ=0,36.

С каждым из двух образцов производили по четыре серии экспериментов.

1. Производились измерения интенсивности зеркальной составляющей светового потока, который прошел сквозь пластину и был рассеян её поверхностью для ненагруженного состояния и растягивающих усилий 392 Н, 784 Н, 1176 Н.

2. Производились измерения интенсивности составляющей светового потока, отраженной под углом зеркального отражения от дифузнорассеивающей поверхности пластины для нагруженного состояния и растягивающих усилий 392 Н, 784 Н, 1176 Н. Угол падения и отражения $\alpha=30^0$.

3. Производились измерения интенсивности диффузной составляющей ($\beta=45^0$) рассеянного поверхностью пластин светового потока, который прошел сквозь пластину для ненагруженного состояния и растягивающих усилий 392 Н, 784 Н, 1176 Н.

4. Производились измерения интенсивности диффузной составляющей ($\gamma=30^0$) светового потока, диффузноотраженного от поверхности пластины (угол падения $\alpha=0^0$) для ненагруженного состояния и растягивающих усилий 392 Н, 784 Н, 1176 Н.

В результате произведенных измерений, по формулам:

$$\varepsilon_1^{\Э} = \frac{I_0 / I - 1}{K_i(1-\mu)} \quad (1)$$

для серий экспериментов 1, 2 (i=1,2),

$$\varepsilon_1^{\Э} = \frac{I / I_0 - 1}{K_i(1-\mu)} \quad (2)$$

для серий экспериментов 3, 4 (i=3,4), определяли главную деформацию $\varepsilon_1^{\Э}$.

В формулах (1), (2):

I_0, мВт – интенсивность света, который попадает на приемник при ненагруженном состоянии объекта; I, мВт – интенсивность света, который попадает на приемник при нагружении объекта определённым усилием; K_i (i= *1,2,3,4*) – константы, которые зависят от параметров шероховатости, механических свойств материала, масштабного фактора, граничных условий, схемы проведения эксперимента и предварительно определяются на тарировочных экспериментах.

В таблицах 1, 2 приведены результаты проведенных экспериментов и соответствующих расчетов. Здесь же имеются данные по теоретически рассчитанным величинам деформаций ε_1^T.

Таблица 1.

Экспериментально определённые деформации $\varepsilon_1^{\Э}$ и теоретически рассчитанные ε_1^T для образца 1

Схема эксперимента	F, Н	σ_1, МПа	K_i	I, мВт	$\varepsilon_1^T \cdot 10^2$	$\varepsilon_1^{\Э} \cdot 10^2$	$\varsigma = \left\|\frac{\varepsilon_1^T - \varepsilon_1^{\Э}}{\varepsilon_1^T}\right\| \cdot 100\%$
1	0	0	1,15	134,9	0	0	-
	392	7,84		133,6	1,38	1,31	5,07
	784	15,68		132,3	2,76	2,68	2,90
	1176	23,52		130,9	4,13	4,21	1,94
2	0	0	1,18	22,90	0	0	-
	392	7,84		22,68	1,38	1,33	3,62
	784	15,68		22,43	2,76	2,84	2,90
	1176	23,52		22,23	4,13	4,08	1,20
3	0	0	2,57	14,92	0	0	-
	392	7,84		15,27	1,38	1,45	5,07
	784	15,68		15,62	2,76	2,88	3,99
	1176	23,52		15,94	4,13	4,21	1,94
4	0	0	1,25	8,64	0	0	-
	392	7,84		8,74	1,38	1,43	3,62
	784	15,68		8,84	2,76	2,91	5,43
	1176	23,52		8,93	4,13	4,32	4,60

Таблица 2

Экспериментально определённые деформации $\varepsilon_1^{\Э}$ и теоретически рассчитанные ε_1^T для образца 2

Схема эксперимента	F, Н	σ_1, МПа	K_i	I, мВт	$\varepsilon_1^T \cdot 10^2$	$\varepsilon_1^{\Э} \cdot 10^2$	$\varsigma = \left\|\frac{\varepsilon_1^T - \varepsilon_1^{\Э}}{\varepsilon_1^T}\right\| \cdot 100\%$
1	0	0	1,21	142,4	0	0	-
	392	19,6		140,1	2,05	2,12	3,41
	784	39,2		137,9	4,10	4,27	4,15
	1176	58,8		135,8	6,16	6,32	2,60
2	0	0	1,27	21,76	0	0	-
	392	19,6		21,42	2,05	1,96	4,39
	784	39,2		21,05	4,10	4,17	1,71
	1176	58,8		20,71	6,16	6,23	1,14
3	0	0	2,72	12,71	0	0	-
	392	19,6		13,19	2,05	2,17	5,85
	784	39,2		13,65	4,10	4,25	3,66
	1176	58,8		14,13	6,16	6,40	3,90
4	0	0	1,42	8,25	0	0	-
	392	19,6		8,41	2,05	2,13	3,90
	784	39,2		8,57	4,10	4,27	4,15
	1176	58,8		8,73	6,16	6,40	3,90

Выводы:

1. Экспериментально реализован МДПР при четырёх различных схемах измерения.

2. Сравнение экспериментально определённых величин деформаций $\varepsilon_1^{\Э}$ и теоретически рассчитанных ε_1^T позволяют утверждать о достаточно точном экспериментальном определении деформаций с использованием эффекта поверхностного рассеивания (погрешность, в основном, составляет 2-5%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров А.Я. Поляризационно-оптические методы механики деформированного тела./А.Я. Александров, М.Х. Ахметзянов – М.: Наука, 1973. – 576 с. – ISBN 5-7038-1349-2

2. Пат АС СССР, М5 кл G01B11/18 Способ определения напряженно-деформированного состояния объекта / Рудяк Ю.А., Пизар В.Г. - №1668860 от 08.04.1991.

3. T.Y. Kepich Group of methods for diffused optical fields./ T.Y. Kepich, Y.A. Rudyak// Proceedings of the 10th international conference on Experimental Mechanics/ Lisbon/ Portugal/ 18-22 July 1994./ A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield/ 1994.

4. Димитриенко Ю.И. Нелинейная механика сплошной среды. – М.: Физиздат, 2010. – 624 с. – ISBN 978-5-9221-1110-2

Сахаров Д. В., аспирант,
Дуюн Т. А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ФРЕЗЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ В ЦАНГОВЫЙ ПАТРОН ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

denis.sakharov.v@gmail.com

Представлена методика экспериментального определения жесткости концевой фрезы, установленной в цанговый патрон при механической обработке нержавеющих сталей. Использование данной методики наиболее актуально для труднообрабатываемых материалов деталей авиастроения, обработка которых характеризуется большими объемами снимаемого припуска в сочетании с низкой скоростью резания, что приводит к значительным материальным и энергетическим затратам. Учет жесткости фрезы позволяет применять высокопроизводительные режимы резания, обеспечивая при этом требуемую точность обработки и допустимые параметры вибраций.

Ключевые слова: *нержавеющие стали, фрезерование, режимы резания, производительность, мощность, шпиндель, фреза, жесткость.*

Развитие техники связано с созданием и освоением технологии обработки заготовок из сталей и сплавов с особыми физико-механическими свойствами, важнейшими из которых являются коррозионная стойкость в различных средах и высокая прочность. В ряде случаев от материалов требуется сочетание различных свойств. Повышение указанных свойств конструкционных материалов дает возможность создавать машины с более высокими характеристиками.

По комплексу физико-механических свойств нержавеющие стали являются относительно универсальным конструкционным материалом, сочетая высокую коррозионную стойкость лучших медноникелиевых сплавов, прочность и удельную прочность более высокие, чем у большинства конструкционных материалов. Поэтому нержавеющие стали эффективны как авиационные и космические материалы, материалы для химической промышленности, судостроения и др. вплоть до материалов тары для хранения ядохимикатов и удобрений в сельском хозяйстве.

Оборотной стороной хороших физико-механических свойств является низкая обрабатываемость резанием данных материалов. Основной причиной плохой обрабатываемости нержавеющих сталей является возникновение больших сил и высоких температур в зоне резания, это происходит вследствие того, что нержавеющие стали обладают высокой пластичностью и низкой теплопроводностью.

При высокопроизводительной обработке с большими силами резания необходимо учитывать жесткость фрезы во избежание снижения точности обработки, с этой целью предложена следующая методика.

Рассмотрим фрезу как балку, абсолютно заделанную с одной стороны. Жесткость патрона (оправки), который используется для крепления концевых фрез в шпинделе станка, в данном случае принимается бесконечной большой величиной и не используется в расчете.

В реальных условиях жесткость заделки зависит от площади контакта хвостовика фрезы и цанги, от твердости контактируемых поверхностей, от усилия зажима. Вследствие этого отжим фрезы в реальных условиях может превышать значения, полученные в ходе теоретического расчета.

Жесткость фрезы в данном случае можно описать следующим выражением:

$$C = \frac{F}{\delta}, \qquad (1)$$

где C – коэффициент жесткости Н/мм; F – сила, приложенная к фрезе, Н; δ – отжим фрезы в месте приложения силы, мм.

Для определения фактического коэффициента жесткости фрезы был проведен натурный эксперимент, схема которого приведена на рис. 1. Концевая фреза закреплялась в цанговом патроне, который устанавливался в делительную головку в горизонтальном положении. Далее проводилось нагружение фрезы путем крепления груза известной массы (m =10 кг) в области режущей части.

Прогиб фиксировался индикатором часового типа, установленным на штативе. При этом соединение «патрон - делительная головка» принимается абсолютно жестким по сравнения с соединением «фреза-патрон». Усилие зажима для цангового патрона определяется затягиванием зажимной гайки. Обеспечение постоянства данного усилия поддерживалось путем совмещения предварительно нанесенных отметок на корпусе патрона и гайке. Длина участка хвостовика, подвергающегося зажиму, для всех фрез была одинакова.

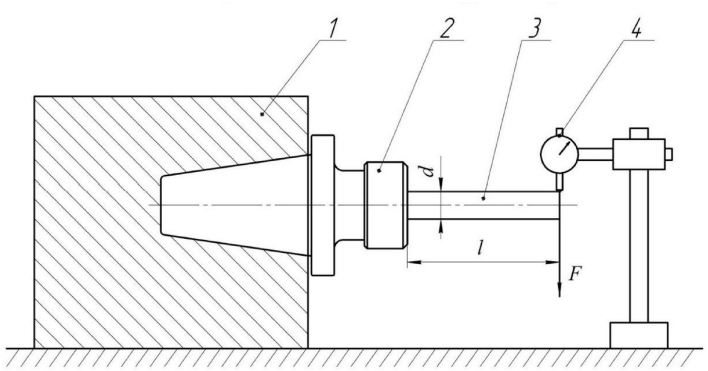


Рис. 1. Схема нагружения фрезы и определения ее максимального отжима:
1 – делительная головка; *2* – цанговый патрон; *3* – фреза; *4* – индикатор часового типа

Для проведения эксперимента были выбраны девять концевых фрез диаметром 16, 20, 25 мм различного исполнения (короткое, нормальное и удлиненное).

Коэффициент жесткости фрезы выглядит следующим образом:

$$C = \frac{3EI}{l^3}. \qquad (2)$$

У выбранных образцов диаметр хвостовика равен номинальному диаметру режущей части. Момент инерции поперечного сечения фрезы определяется следующим выражением:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}, \qquad (3)$$

где d – диаметр хвостовика фрезы, мм.

Таким образом, получаем следующее выражение коэффициента жесткости:

$$C = \frac{3\pi E d^4}{64 l^3}. \qquad (4)$$

Для стали, используемой при изготовлении данных фрез, модуль упругости равен $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа.

В табл. 1 представлены результаты расчета и экспериментальные данные.

Анализ полученных результатов показывает, что фактический коэффициент жесткости фрезы, закрепленной в цанговом патроне, отличается от теоретического значения более, чем в 2 раза. Следовательно, принятое допущение об абсолютной жесткости заделки не подтверждается в реальных условиях эксплуатации инструмента.

При «форсировании» режимов резания на мощном оборудовании с целью достижения максимальной производительности при обработке нержавеющих сталей, обязательно следует учитывать жесткость системы СПИД, слабым звеном которой, как правило, является инструмент. Низкая жесткость фрезы вызывает ее отжим, вследствие этого увеличивается риск возникновения вибраций и снижается точность обработки.

Таблица 1

Результаты эксперимента и теоретического расчета коэффициента жесткости

№	Диаметр хвостовика d, мм	Вылет l, мм	, Н/мм	, Н/мм
1	16	57	10938	2500
2	16	80	3956	909
3	16	100	2026	714
4	20	60	22896	3333
5	20	75	11723	2500
6	20	110	3716	1111
7	25	60	55898	4000
8	25	80	23582	2500
9	25	115	7939	1667

В ходе проведения эксперимента было установлено, что фактическая жесткость фрезы значительно ниже теоретического значения и зависит от ее диаметра и вылета. Для учета этого явления введем поправочный коэффициент K_j:

$$C_ф = K_j \cdot C, \qquad (5)$$

где $C_ф$ – фактический коэффициент жесткости фрезы, Н/мм.

Максимальную отжимающую силу можно определить по следующему выражению:

$$F_y = C_ф \cdot \delta_{max}, \qquad (6)$$

При этом формула 5 приобретает следующий вид:

$$C_0 = K_j \cdot \frac{3EI}{l^3}, \quad (7)$$

Введем параметр $q = \frac{l}{D}$, характеризующий подсистему инструмента. Рассчитаем данный параметр для сочетаний фрез и вылетов, используемых при проведении экспериментальных исследований (табл. 2).

блица 2

Расчет поправочного коэффициента K_j

D , мм	l , мм	K_j	q
16	57	0,228557	3,56
16	80	0,229777	5,00
16	100	0,352616	6,25
20	60	0,145587	3,00
20	75	0,213262	3,75
20	110	0,299037	5,50
25	60	0,071559	2,40
25	80	0,106013	3,20
25	115	0,209938	4,60

По данным таблицы 2 построим график зависимости $K_j = f(q)$ (рис. 2).

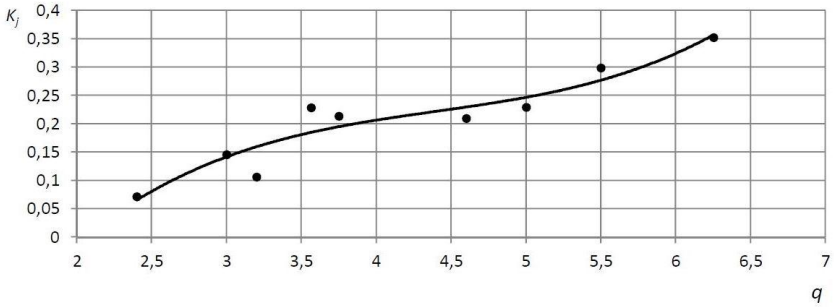


Рис. 2. График зависимости коэффициента K_j, учитывающего влияние особенностей закрепления фрезы на ее коэффициент жесткости, от параметра $q = \frac{l}{D}$

Полученный график позволяет определить значение поправочного коэффициента для концевых фрез любых диаметров и вылетов, если величина их параметра q не превосходит 6,25. Таким образом, используя полученные данные, можно определить максимально допустимую нагрузку для любой концевой фрезы, закрепленной с помощью цангового патрона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Погонин, А. А.* Снятие характеристик процесса механической обработки крупногабаритных деталей / А.А. Погонин, М.С. Чепчуров, С.В. Старостин // Тяжелое машиностроение. – 2005. – № 3. – С. 15 – 16.

2. *Дуюн, Т.А.* Технологическое обеспечение точности формы контактной поверхности коллектора электродвигателя / Т.А. Дуюн // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2010. – №1. – С. 181–187.

3. *Дуюн, Т.А.* Обеспечение виброустойчивости при точении контактной поверхности коллектора электродвигателя / Т.А. Дуюн // Известия ТулГУ. Серия Технические науки. – 2009. – Вып.4. Ч1. – С. 43–48.

4. *Шпур, Г.* Справочник по технологии резания материалов / Г. Шпур, Т. Штеферле. – М.: Машиностроение, 1985. – 616 с.

5. *Остафьев, В.А.* Диагностика процесса металообработки / В.А. Остафьев, В.С. Антонюк, Г. С. Тысячник. – Киев: Техника, 1991. – 151 с.

Магергут В. З., д-р техн. наук, проф.,
Игнатенко В. А., аспирант,
Бажанов А. Г., аспирант,
Шаптала В. Г., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕПРЕРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СИНТЕЗА УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ

bigsom@mail.ru

Рассмотрены различные подходы к построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов, которые можно разделить на три вида: «от процессов», «от операций» и «от режимов». Каждый из подходов целесообразно применять на соответствующем уровне исследования технологического процесса для целей синтеза управляющего автомата.

Ключевые слова: *процесс, режим, операция, дискретизация, сеть Петри, технологический процесс, управляющий автомат.*

В целом следует отметить, что развитие автоматизации производственных процессов, в том числе непрерывных, характеризуется возрастанием роли и доли систем логического управления на основе управляющих автоматов (УА).

Это связано с интенсификацией процессов, с переходом к агрегатам большой единичной мощности, с разработкой и внедрением АСУ ТП и ГАПС, с обеспечением безопасности потенциально опасных производств [1]. Связано это и с техническими средствами современной автоматизации - ЭВМ, позволяющими создавать более сложные системы автоматизации, системы с иными принципами построения и структурами, например, адаптивными, нечеткими, интеллектуальными, распределенными и др., естественно, с качественно новыми улучшенными их показателями.

В то же время непрерывность процессов сдерживает возможность применения УА, приводит к необходимости применения иных подходов, технических средств и методов для их автоматизации, делает неоднородным математический аппарат, используемый при описании моделей непрерывных процессов и синтезе их систем управления. Всё это накладывает серьёзные ограничения на тип применяемого промышленного контроллера и средства алгоритмического программирования, с помощью которых реализуется система автоматического управления.

Избежать этого недостатка (при сталкивании в процессе автоматизации на базе УА с непрерывными процессами) возможно путем построения дискретных моделей для непрерывных технологических процессов [2]. Существуют определенные предпосылки создания такого класса моделей. Среди них, наряду с уже вышесказанными причинами, следует назвать [3]: естественное разделение технологических режимов работы аппаратов в области параметров их функционирования; наличие ряда важных для создания информационных и информационно-управляющих систем свойств, которые присущи моделям дискретного класса, позволяющим, например, выявлять аварийные и нештатные ситуации в работе оборудования; применение в информационно-управляющих системах экспертных систем, что диктует необходимость использования дискретных разделов математики непосредственно связанных с логикой мышления человека и формальным представлением знаний.

В решении задач по построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов существует несколько подходов.

В [1, 4] задача решена путем построения так называемых диаграмм поведения узлов, представляющих конечноавтоматное описание непрерывного технологического процесса в узле (узел связан с конкретной технологической величиной – температура, давление, уровень и т.д.) в виде графа, вершины которого сопоставлены режимам, а дуги помечены условиями в виде булевых функций, определяющих переход от режима к режиму. При этом режим – это часть качественного поведения конкретной технологической величины процесса на данном интервале ее изменения, т.е. качественное решение математической модели (ММ) поведения технологической величины, заданной в виде дифференциального уравнения (формализованное описание режимов и условий перехода от режима к режиму дано в [1, 4]). Отметим также, что качественное поведение (решение) технологической величины может быть получено без

решения ММ, а по данным наблюдения за изменением конкретной технологической величины.

Таким образом, непрерывное поведение той или иной технологической величины аппарата описывается путем ее разбиения последовательностью режимов, с переходами от режима к режиму, обусловленными теми или иными условиями. При этом может иметь место альтернативное протекание режимов и, соответственно, альтернативные ветви режимов. Такая последовательность, в том числе с альтернативными ветвями, названа разверткой поведения узла данной технологической величины. При периодических циклических процессах развертки приходят в исходное состояние, т.е. замыкаются. Развертки удобно и целесообразно (в силу рассмотрения в дальнейшем совокупности их работы) представлять помеченными сетями Петри – графами операций. Таким образом, получаем дискретное описание технологического процесса на основе помеченных сетей Петри – графов операций, которое является заданием на синтез УА, например, с использованием стандартной позиционной структуры. Для аппарата в целом, протекание технологического процесса в котором характеризуется рядом технологических величин, имеем совокупность разверток узлов, причем, между развертками вводятся свои связи [5].

Другой подход к дискретизации непрерывных процессов предложен в [3]. В этой работе в непрерывном технологическом процессе выделяются непересекающиеся состояния, для которых затем строится дискретная модель в виде конечного автомата. Суть выделения состояний при этом сводится к следующему: процесс в целом рассматривается как «серый» ящик, в котором выделяются входные воздействия, и выходные переменные. Кроме того, выделяется диапазон переменных состояний, задающих режим работы технологического процесса. С учетом системы ограничений по переменным состояния и аналогичных ограничений на входные воздействия и выходные переменные, на основе комбинаторного перебора формируются возможные непересекающиеся области существования переменных состояний, которые и определяют конкретные технологические фрагменты работы системы с отражением причинно-следственных (вход-выход) связей, существующих в самих технологических процессах с учетом оборудования, в котором проводятся эти процессы.

Таким образом, в [3] конечно-автоматная модель строится для фрагмента технологического процесса и отражает поведение этого фрагмента в целом как части технологического процесса. При этом в [3] это поведение процесса на заданном ограниченном гиперпространстве по состояниям, входам и выходам «серого» ящика, а в [1, 4] - поведение конкретной технологической величины в виде ее представления режимами на заданном диапазоне ее изменения. Иначе, модели по [3] позволяют дискретизировать технологический процесс на уровне фрагментов, а по [1, 4] на уровне режимов.

В этом плане не хватало дискретных моделей среднего уровня, т.е. тех моделей, которые описывали бы непрерывные технологические процессы на уровне элементарных технологических (динамических) звеньев: звено смешения (апериодическое звено), интегрирующее звено, ячеечная модель (та или иная последовательность звеньев) и т.п.

Этот пробел был устранен созданием моделей на основе информационных сетей Петри (ИСП) [6], позволяющих строить модели элементарных динамических звеньев (апериодического, интегрирующего, реального дифференцирующего и др.; реализовать операции суммирования, умножения и т.п.) в дискретном представлении.

Ниже (рис.1) построение такой модели показано на примере апериодического звена первого порядка с единичным коэффициентом усиления и постоянной времени τ, не вдаваясь в суть ИСП, определение которых и их работа даны в [6].

Апериодическое звено моделируется одним замкнутым контуром, состоящим из позиций P1, P2 и переходов T1, T2 с двумя типами информационных входов (повышающий, обозначенный кружком на конце перехода с символом «+», и понижающий–с символом «-»). Переход T1 срабатывает, когда входной сигнал превышает порог срабатывания, задаваемый информационными дугами. Треугольники с коэффициентом K, меняющимся в диапазоне [0, 1], показывают коэффициенты усиления информационных дуг.

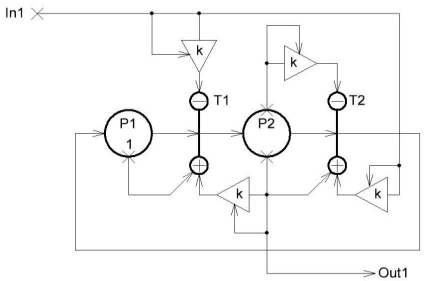


Рис. 1. Информационная сеть Петри, моделирующая апериодический процесс

Функция, реализуемая приведенной моделью, как реакция на единичную ступенчатую функцию, подаваемую на вход модели In1, представляет собой кусочно-непрерывную функцию, которая в точках излома повторяет экспоненциальную кривую, описываемую формулой:

$$Out1(t) = (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \cdot In1(t)$$

Используя правила работы позиций и переходов ИСП [6], можно получить временную итерационную модель информационной сети. Для учёта времени принят один такт работы информационной сети Петри за 1. Результат моделирования, представляющий собой кусочно-непрерывную функцию для модели и экспоненциальную кривую для апериодического звена, приведен на рис. 2.

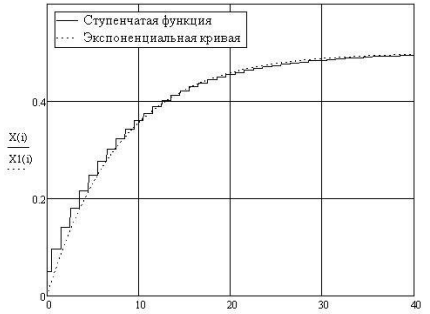


Рис. 2. Реакция информационной сети, моделирующей апериодический процесс и апериодического звена на скачок

Как видно из графиков (рис. 2) адекватность аналоговой модели и дискретной очень хорошая.

Таким образом, можно говорить о трёх видах дискретных моделей непрерывных технологических процессов, позволяющих применять их на соответствующем уровне исследований. Верхний уровень – «от процессов» в соответствии с моделями по [3], средний уровень – «от операций» в соответствии с моделями по [6] и, наконец, нижний уровень – «от режимов» по [1, 4].

Эти модели непрерывных технологических процессов объединяет дискретный характер их построения и возможность применения однородного математического аппарата (описания), например, в виде помеченной сети Петри – графа операций.

Отличие моделей заключается в уровне детализации непрерывного технологического процесса: от более крупного – фрагментов, к среднему – операциям и детальному – режимам.

Модели позволяют устранить препятствие на пути совместного моделирования дискретных и непрерывных технологических процессов и создания для них систем управления на базе УА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Магергут, В. З.; Построение логических моделей химико-технологических объектов (первичные и исходные модели) / В.З. Магергут, С.А. Юдицкий, В.Л. Перов. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1988. – 80 с.

2. Магергут, В.З. Разработка методов анализа и реализации систем логического управления в гибких автоматизированных химико-технологических производствах: дис. … канд. техн. наук: 05.13.07 /Магергут Валерий Залманович. – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1990. – 198 с.

3. Богатиков, В. Н. Построение дискретных моделей химико-технологических систем. Теория и практика/ В.Н. Богатиков, Б.В. Палюх. – Апатиты: КНЦ РАН, 1995. – 164 с.Юдицкий, С.А., Магергут, В.З. Логическое управление дискретными процессами. Модели, анализ, синтез: – М.: Машиностроение, 1987.–176 с.

4. Юдицкий, С.А. Логическое управление дискретными процессами. Модели, анализ, синтез / С.А. Юдицкий, В.З. Магергут. - М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.

5. Кафаров, В. В. Логическое моделирование типовых технологических процессов/ В.В. Кафаров, В.А. Перов, В.З. Магергут // ДАН СССР, Т.318, №3, 1991.- С. 658-663.

6. Игнатенко, В.А. Информационная сеть Петри как сквозной лингвистический инструмент разработки систем автоматического управления / В.А. Игнатенко, В.З. Магергут // Сб. труд. Второй Междун. науч.-техн. конф. «Компьютерные науки и технологии» (КНиТ), Белгород: Изд-во «ГиК», 2011. С.73 – 77.

Карпачев Д. В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ОБОГАЩЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

dik@intbel.ru

Исследована возможность использования пневмоструйной противоточной мельницы на стадии избирательного измельчения при обогащении рудных и нерудных материалов.

Ключевые слова: *пневмоструйная мельница, избирательное измельчение, обогащение материалов, магнитный улавливатель.*

Переработка крупнозернистых материалов в тонкодисперсные порошки с одновременным извлечением нежелательных примесей составляет одну из наиболее сложных технологических операций при производстве строительных и отделочных материалов, керамики, металлокерамических изделий, наполнителей для пластмасс, резин, лаков и красок, бумаги, а так же ряда других материалов. При этом дисперсность получаемого порошка и отсутствие в нем вредных минералов в значительной мере определяет качество получаемых на их основе продуктов и влияет на повышение технологических и потребительских свойств.

Необходимость повышения дисперсности строительных и других материалов приводит к потребности совершенствования существующих технологий и созданию нового технологического оборудования на основе новейших научно-технических достижений.

Анализ существующих способов избирательного измельчения материала показал, что для измельчения ударным способом с целью подготовки материала к обогащению эффективны пневмоструйные противоточные мельницы. Они пока не нашли широкого применения в промышленности. Множество существующих конструкций струйных измельчителей часто несовершенны, что обусловливает противоречивые суждения о возможностях струйного помола. Конструкции этих мельниц общеизвестны, но для работы в режиме избирательного измельчения они требуют доработки и оснащения системой точного регулирования и управления процессом [1, 2].

Реализуемый в них способ высокоскоростного самоизмельчения материалов, позволяет повысить не только дисперсность получаемого продукта, но и удельную производительность измельчителя, его энергонапряженность и к.п.д. Кроме того, появляется возможность реально использовать преимущества высокоскоростного избирательного измельчения многокомпонентных смесей материала с получением продуктов с заданными свойствами и, что немаловажно, химически чистых от нежелательных примесей.

Анализ современного состояния и направлений развития технологий и оборудования для избирательного измельчения, показал, что пневмоструйные противоточные мельницы являются перспективным оборудованием, которые возможно применять при реализации избирательного измельчения и обогащения материала для снижения степени загрязненности получаемого продукта нежелательными примесями трудноразмалываемых частиц.

В качестве основного направления совершенствования пневмоструйных противоточных мельниц, с возможностью реализации в них избирательного измельчения и обогащения материала, целесообразно камеру помола мельницы оснастить устройством, позволяющим очищать помольную камеру от примесей сильномагнитных, слабомагнитных, парамагнитных и диамагнитных токопроводящих частиц без остановки мельницы [3].

На рис. 1 представлена конструкция пневмоструйной противоточной мельницы с встроенным ячейковым магнитным улавливателем позволяющая получать тонкодисперсные порошки с повышенными требованиями к их дисперсности и содержанию примесей.

Использование пневмоструйной противоточной мельницы с встроенным ячейковым магнитным улавливателем позволит осуществлять процесс избирательного измельчения и обогащения материала, для снижения степени загрязненности получаемого продукта нежелательными примесями трудноразмалываемых частиц.

Для определения изменения скорости частиц измельчаемого материала после их вылета из разгонной трубки, при движении вдоль камеры помола до области встречи струй, использовалось уравнение динамики одиночной частицы:

$$U_z \cdot \frac{dU_z}{dz} = \frac{F_m \cdot \psi \cdot \rho_0}{2 \cdot m} \cdot (V_z - U_z) \cdot |V_z - U_z|, \quad (1)$$

где U_z – скорость частицы измельчаемого материала в помольной камере на расстоянии z от

среза разгонной трубки, м/с; V_z – скорость энергоносителя в помольной камере на расстоянии z от среза разгонной трубки, м/с; m – масса частицы измельчаемого материала, кг; F_m – площадь миделевого сечения частицы диаметром $d_э$, м^2; ψ – коэффициент лобового сопротивления частиц; ρ_0 – плотность энергоносителя, кг/м^3.

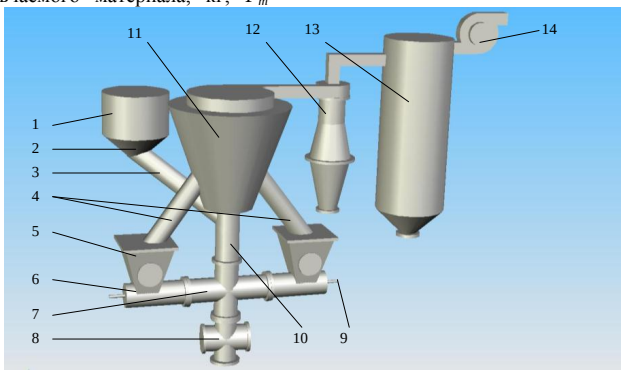


Рис. 1. Принципиальная схема пневмоструйной противоточной мельницы:
1 – бункер исходного материала; 2 – питатель; 3 – труба подачи материала в мельницу; 4 – патрубки пылевозврата; 5 – приемник материала; 6 – помольный эжектор; 7 – камера помола; 8 – ячейковый магнитный улавливатель; 9 – магистраль подачи энергоносителя; 10 – патрубок пылеуноса; 11 – сепаратор; 12 – циклон; 13 – рукавные фильтры; 14 – вытяжной вентилятор

Была получена система дифференциальных уравнений, описывающих процесс изменения скорости частиц и энергоносителя в помольной камере от среза разгонной трубки до области соударения встречных потоков:

$$\begin{cases} U_z \cdot \dfrac{dU_z}{dz} = \beta \cdot (V_z - U_z) \cdot |V_z - U_z| \\ V_z = -\dfrac{V_0}{z_0} \cdot (z - z_0) \end{cases}, \quad (2)$$

где V_0 – скорость энергоносителя на срезе разгонной трубки, м/с; z_0 – расстояние от среза разгонной трубки до плоскости встречи струй, м.

Установлено, что размер частиц $d_э$ существенно влияет на характер их движения в помольной камере. Практически все частицы, независимо от их размеров на начальном участке помольной камеры продолжают разгоняться энергоносителем до того момента, пока скорость энергоносителя выше скорости самих частиц. Наиболее крупные из них с $d_э$=3÷5 мм, за счет большей инерции, при подлете к области взаимодействия встречных потоков, обладают практически максимальной скоростью. А скорость мелких частиц с $d_э$=1÷3 мм после небольшого участка, когда она растет, начинает снижаться. При этом, тенденция изменения скорости частиц при разных начальных скоростях энергоносителя на срезе разгонной трубки имеет одинаковый характер.

Чтобы избежать нежелательного для эффективной работы мельницы торможения в потоке газа частиц измельчаемого материала, рекомендовано длину помольной камеры, выбирать в зависимости от длины эффективного пролета частиц материала.

Расстояние от среза разгонной трубки до серединной плоскости помольной камеры предложено выбирать из соображений минимального противодавления в выходном сечении разгонных трубок эжекторов. Установлено, что для исследуемой помольной камеры длина струи, соответствующая этому расстоянию, удовлетворяет условию:

$$\ell_{стр} = (1{,}5 \div 2) \cdot d_{тр}, \quad (3)$$

где $\ell_{стр}$ – длина струи в помольной камере, м;

$d_{тр}$ – диаметр разгонной трубки эжектора мельницы, м.

Рассмотрим механизм взаимодействия двух встречных потоков в помольной камере (рис. 2). На разогнанные энергоносителем частицы в зоне встречи струй действует сила разрежения, создаваемая на выходе из помольной камеры и магнитное поле ячейкового улавливателя. В силу этого с энергоносителем из помольной камеры удаляются в первую очередь самые мелкие частицы. Более крупные по инерции перемещаются прямолинейно вдоль оси Z и разрушаются при столкновениях с частицами встречного потока газовзвеси. В результате столкновения потоков на границе помольной камеры (ось Y) об-

разуется некоторая область *D*, в которой наблюдается наиболее эффективное взаимодействие частиц измельчаемого материала. Под действием магнитного поля улавливателя минералы, обладающие магнитными свойствами, скапливаются в нижней части камеры помола и периодически выводятся из зоны измельчения. Движение частиц во встречных струях газовзвеси (область *D*) носит характер затухающих колебаний при переходе из одной струи в другую. Последовательно чередуются участки разгона и торможения частиц. Следовательно, в области *D* скорость частиц не будет адекватно описываться системой уравнений (2), так как в ней не учитывается сила сопротивления, действующая со стороны встречной струи в зоне перекрестия струй.

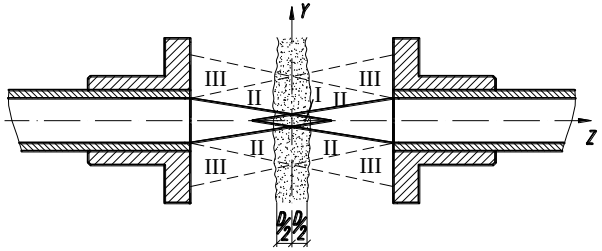


Рис. 2. Схема взаимодействия струй в помольной камере:
I – зона прямого встречного удара (зона пересечения потенциальных ядер струй),
II – зона косого встречного удара, III – зона случайных ударов

Изменение скорости частицы в области $z_0 - \frac{D}{2} \le z \le z_0 + \frac{D}{2}$ как функции координаты ξ, описывается нелинейным дифференциальным уравнением. Решение этого уравнения представляет собой выражение, которое может быть использовано для определения изменения скорости частиц, измельчаемого материала в области *D* помольной камеры:

$$U(\xi) = \pm \frac{\sqrt{2} \cdot \omega_0}{2 \cdot \lambda} \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot \lambda \cdot \xi}\,. \qquad (4)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\frac{k_{кв.уп.}}{m}}$ – собственная частота колебаний частицы материала, с$^{-1}$; $\lambda = \frac{\chi}{m}$ – коэффициент затухания, м$^{-1}$.

Коэффициенты $k_{кв.уп.}$ и χ определяются следующим образом:

$$k_{кв.уп.} = \frac{m_0 \cdot V_0^{\,2}}{z_0^{\,2}}, \quad \chi = \frac{m}{2 \cdot \sigma \cdot d_э} \cdot E\,, \qquad (5)$$

На расстоянии ±*D*/2 от границы помольной камеры, скорость частиц равняется нулю:

$$U\left(+\frac{D}{2}\right) = -U\left(-\frac{D}{2}\right) = 0\,, \qquad (6)$$

следовательно, на основании (4) при условии (6) можно оценить значение области *D*:

$$D = \frac{1}{\lambda} = \frac{2 \cdot \sigma}{E} \cdot d_э\,. \qquad (7)$$

С увеличение размера частиц измельчаемого материала значение области *D* также возрастает по линейному закону согласно (7). При этом для всех частиц измельчаемого материала значение области *D* меньше размера самой частицы, следовательно, при встречном движении двух потоков твердых частиц, в зоне прямого встречного удара, практически все частицы ведут себя так, как в случае, когда поток частиц непосредственно направлен на твердую плиту.

На следующем этапе изучения потоков энергоносителя и частиц в камере помола пневмоструйной противоточной мельницы рассмотрен полный факел раскрытия струи на выходе из разгонной трубки. При рассмотрении всей области взаимодействия частиц материала в камере помола приходим к выводу, что зона прямого встречного удара чрезмерно мала и не может адекватно представить полную картину избирательного измельчения материала.

По этой причине существует необходимость изучения зоны косого встречного удара и зоны случайных ударов. Потому как, процесс измельчения сопровождается уменьшением массы отдельных частиц за счет уменьшения их объёма. С уменьшением размера частиц, при нахождении их вне зоны встречного удара, должны изменяться условия силового нагружения их, и разрушение в зонах косого встречного и случайных ударов будет происходить в основном не за счет удара, а за счет трения.

В точках соприкосновения разрушаемой частицы с окружающими частицами возникают

трещины, распространяющиеся радиально в некоем шаровом объеме. На некотором удалении от поверхности трещины пересекаются друг с другом, образуя трещиноватый слой, слабо связанный со слоями, расположенными глубже. Затем происходит отшелушивание трещиноватого слоя, после чего процесс повторяется. Тонкое измельчение характеризуется многократным повторением описанного цикла и согласуется с принципами избирательного измельчения.

Чтобы оценить границы рассматриваемых зон, необходимо знать изменение скорости частицы в помольной камере в зависимости от угла отклонения от горизонтального направления.

Анализ зависимостей значений скоростей энергоносителя и частицы материала показывает, что равенство скоростей реализуется в некоторой точке от среза разгонной трубки. Данный факт может означать, что движение массы твердых полидисперсных частиц в газовом потоке в отличие от движения одиночной частицы усложняет вихревую структуру потока. Газовый поток, содержащий твердые частицы в определенной концентрации, характеризуется наличием относительных движений частиц.

В подобных условиях возникают силы аэродинамического взаимодействия между газом и твердым телом, а также между частичками твердого материала. Величина и характер этого взаимодействия зависят от физико-механических свойств материала, дисперсности и концентрации твердых частиц, режима движения потока. Неправильная форма частиц и смещение центра масс вызывает вращение частиц материала, при этом механизм взаимодействия твердой и газовой фаз в движущихся пылегазовых потоках позволяет разрушаться частицам материала не только при центральном ударе, но и силами трения при вращении или при нецентральных ударах частиц.

Следовательно, можно считать, что на определенном расстоянии от среза разгонной трубки при взаимодействии со встречной двухфазной струей, частицы измельчаемого материала, находящиеся в зонах косого встречного и случайных ударов, подвержены малоинтенсивным соударениям друг о друга и о внутреннюю поверхность камеры помола. Такой механический способ разрушения благоприятно сказывается на реализации условий избирательного измельчения в пневмоструйной противоточной мельнице.

В виду того, что время пребывания частицы измельчаемого материала в зонах косого встречного и случайных ударов помольной камеры, где частицы разрушаются за счет истирания, мало, необходимо учитывать это при настройке режимов работы сепаратора, для обеспечения наибольшей эффективности процесса избирательного измельчения и обогащения. На рис. 3 предложена технологическая схема для избирательного измельчения и обогащения руды с использованием пневмоструйной противоточной мельницы с ячейковым магнитным улавливателем.

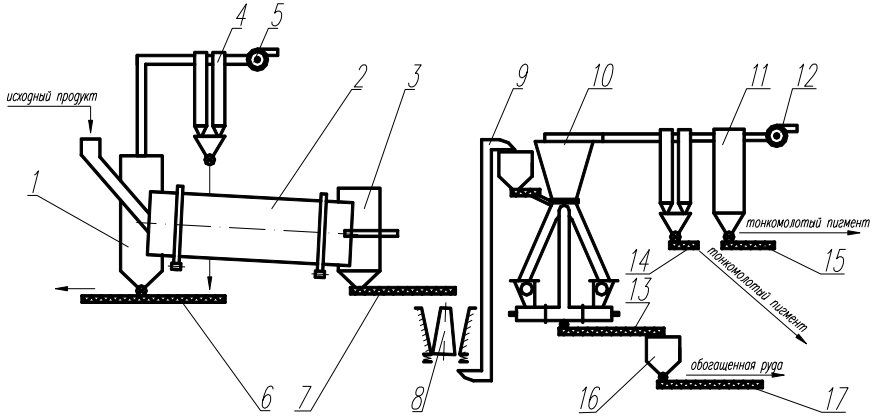


Рис. 3. Технологическая схема для избирательного измельчения и обогащения руды:
1 – камера загрузки; 2 – барабан сушильный; 3 – теплогенератор; 4 – группа циклонная; 5, 12 – вентилятор; 6, 7, 13, 14, 15 и 17 – конвейер винтовой; 8 – дробилка конусная; 9 – элеватор; 10 – установка помольно-обогатительная; 11 – фильтр рукавный; 16 – бункер накопительный

В результате избирательного измельчения и обогащения хромовой руды в пневмоструйной противоточной мельнице с ячейковым магнитным улавливателем, содержание Cr_2O_3 повыша-

лось с 29,8% до 38% в камере помола и до 34,4% в циклонах. Порошки хромовой руды из камеры помола рекомендуется применять в металлургическом производстве, порошки из циклонов – для использования в получении защитных покрытий.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология сухого обогащения и получения высококачественных пигментов с использованием противоточных струйных мельниц / С.С. Поздняков, В.А. Уваров, Д.В. Карпачев, И.А. Овчинников // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: Материалы Междунар. конгр. посв. 150-летию В.Г. Шухова. Ч.3. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – С. 392 - 395.

2. Поздняков С.С., Уваров В.А., Карпачев Д.В. Сухое обогащение хромовой руды с применением струйной противоточной мельницы // М: Издательский дом «Руда и Металлы»: Горный журнал. – 2004. – № 8. – С. 111-112.

3. Карпачев Д.В., Уваров А.В. Новое технологическое решение для сухого обогащения бедных магнетитовых руд и получения высококачественных пигментов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвуз. сб. статей – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – С. 48 -51.

Семикопенко И. А., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В. П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Вялых С. В., аспирант,
Гордеев С. И., аспирант,
Жуков А. А., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗОНЕ АКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОТОРОВ АГРЕГАТОВ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА

olimp69@narod.ru

В настоящее время без процессов измельчения и смешивания материалов трудно представить какое-либо современное производство. В данной статье представлено описание конструкции помольно-смесительного агрегата, обеспечивающего высокоэффективный помол и смешивание различных сухих компонентов.

Ключевые слова: *агрегат, встречный поток, зона помола.*

Агрегат состоит из спирального корпуса, внутри которого помещены роторы и разгрузочное устройство (рисунок 1). Конструкция агрегата снабжена двумя парами роторов, которые симметрично расположены в спиральном корпусе, принадлежат одной плоскости и выполнены с возможностью вращения внешних рядов ударных элементов в направлении разгрузочного устройства. Спиральный корпус имеет прямолинейную стенку, а разгрузочное устройство равноудалено от осей вращения роторов и расположено напротив прямолинейной стенки. Характер движения частиц материала в зонах *1* и *2* изложен в работе [1]. Согласно результатам исследования, представленным в работе [1], в зоне *3* измельчается до 60% всего материала, поэтому исследование характера движения частиц измельчаемого материла в зоне *3* и на его основе нахождение величины касательных напряжений в зависимости от конструктивных и технологических параметров представляет собой важную задачу для агрегатов дезинтеграторного типа.

Согласно данным, приведенным в работе [1], в зоне *2*, которая характеризуется соединением двух встречных потоков материала, он не измельчается под действием ударных импульсов, так как в данной зоне возникает неподвижная пробка из соударяющихся частиц. Поэтому в зону, образованную внешними рядами ударных элементов двух пар роторов, материал поступает только благодаря его движению вдоль поверхности ударных элементов [2].

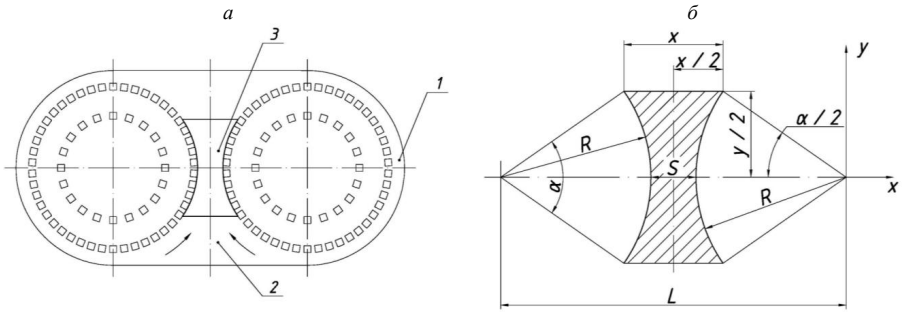


Рис. 1. *а* – зона активного взаимодействия роторов агрегата; *б* – расчетная схема площади сечения зоны помола *3*

Согласно расчетной схемы, представленной на рисунке 1б), находим

$$S = L - 2R, \qquad (1)$$

здесь S – минимальный в поперечном направлении размер площади сечения зоны активного взаимодействия пар роторов; R – расстояние от осей вращения пар роторов до минимального поперечного размера рассматриваемой зоны; L – расстояние между центрами вращения пар роторов.

Площадь поперечного сечения S_3 представляет собой площадь прямоугольника за вычетом удвоенного значения площади сегмента.

Поэтому

$$S_3 = x \cdot y - 2S_{\text{сдай}} = 2R(L\sin\frac{\alpha}{2} - R\cdot\alpha), \quad (2)$$

где α – радиальная мера центрального угла, которая определяется согласно следующему соотношению:

$$\alpha = \frac{2\pi}{k}, \quad (3)$$

здесь k – число ударных элементов внешнего ряда, входящих в состав каждой пары роторов.

На основании полученных соотношений (2) и (3) находим объем V_3 зоны активного взаимодействия ударных элементов:

$$V_3 = S_3 \cdot H = 2R^2 H(\frac{L}{R}\sin\frac{\alpha}{2} - \alpha), \quad (4)$$

Частицы материала, попадая в зазор объемом (4), измельчаются за счет возникающих в рассматриваемой зоне касательных напряжений σ, определяемых согласно формулы:

$$\sigma = \mu \cdot \frac{v_x}{S_3}, \quad (5)$$

где μ - коэффициент динамической вязкости запыленного воздуха в рассматриваемой зоне; v_x – проекция вектора относительной скорости частиц материала на горизонтальную ось «ох» в рассматриваемой зоне, которая, согласно расчетной схемы, представленной на рисунке 2, равна следующему выражению:

$$v_x = 2v_0\cos(\varphi - \delta), \quad (6)$$

Здесь

$$v_0 = \sqrt{v_r^2 + \omega_0^2 \cdot R^2}, \quad (7)$$

где ω_0 - частота вращения роторов, v_r - скорость движения частиц материала вдоль ударного элемента, которая применительно к рассматриваемому случаю согласно результату работы [3], может быть определена по следующей зависимости

$$v_r = \frac{\omega_0\rho_0}{2f}, \quad (8)$$

здесь f – коэффициент трения материала по поверхности ударного элемента; ρ_0 -расстояние от оси вращения ротора до точки взаимодействия частицы материала с ударным элементом. При этом за величину ρ_0 без потери общности можно принять следующее соотношение:

$$\rho_0 = R - \frac{l}{2}, \quad (9)$$

в котором l представляет собой длину ударного элемента в свету.

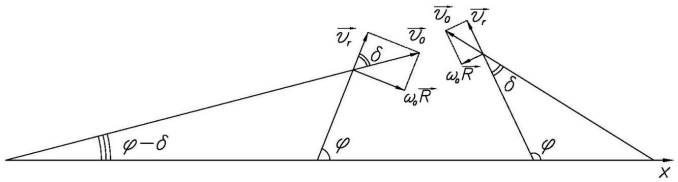


Рис.2. Расчетная схема определения проекции вектора относительной скорости

Величина угла φ в соотношении (6) измеряется в следующих пределах:

$$-\frac{\alpha}{2} \le \varphi \le \frac{\alpha}{2},$$

а величина угла δ является постоянной величиной при неизменных величинах ω_0, R, l и f и определяется согласно расчетной схемы на рисунке 2 следующим соотношением:

$$\delta = \arccos\left(\frac{v_r}{v_0}\right). \quad (10)$$

С учетом соотношений (6) – (9) выражение (5) принимает следующий вид:

$$\sigma = \mu \cdot \frac{\omega_0 \cdot R}{S_3}\sqrt{1 + \frac{\left(1 - \frac{l}{2R}\right)^2}{4f^2}} \cdot \cos(\varphi - \delta). \quad (11)$$

Таким образом, полученная зависимость (11) позволяет определить величину касательных напряжений в зависимости от угла расположения ударных элементов в рассматриваемой зоне активного взаимодействия роторов агрегата дезинтеграторного типа относительно горизонта при фиксированных значениях конструктивных параметров (R, l и L) и технологических параметров (μ, ω_0, f).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Данилов Р.Г. Определение основных параметров роторных мельниц с зубчатоподобным зацеплением : дис.... канд. техн. наук : М.. 1998 – 104 с.

2. Пугин К.Г. Определение параметров и производительности роторных мельниц интенсифицирующего действия : дис…. канд. техн. наук : М.. МАДИ, 1994 – 155 с.

3. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. // Известия ВУЗов. Строительство. 2008. №11 С. 12.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Шипицын А. В., канд. экон. наук, доц.,
Серова Е. Г., канд. экон. наук, доц.
Белгородский университет кооперации, экономики и права

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

market_div@mail.ru

В статье рассмотрены основные принципы технического анализа и сделан анализ возможностей использования технического анализа частным инвестором. Главный вывод - технический анализ нельзя рекомендовать для использования частному инвестору.

***Ключевые слова**: технический анализ.*

В финансах, технический анализ представляет собой форму анализа вероятности направления движения цен на основе анализа прошлых рыночных данных (в первую очередь цены и объема торгов). Трейдеры используют эти технические исследования, чтобы установить целевые точки для покупки и продажи финансовых активов. Потенциал эффективного использования технического анализа применим к активам, совместимым с направленным движением цен, таким как ликвидные акции и фьючерсы. Тем не менее часто злоупотребляют техническим анализом за его пределами, например для опционов и валютных пар. Кроме того технический анализ часто ошибочно воспринимается как метод прогнозирования цен.

Технический анализ использует модели и правила торговли, основанные на изменениях цен и объемов, таких как индекс относительной силы, скользящие средние, регрессии, межрыночные и внутри-рыночные корреляции цен, деловые циклы, циклы фондового рынка, распознавание графических моделей.

Некоторые аспекты технического анализа появились в 17 веке в бухгалтерских счетах голландского рынка Жозефа де ла Вега. В Азии, техническим анализом можно назвать метод, разработанный Хоммой Мунехисом в начале 18 века, который превратился в метод свечей, и сегодня является инструментом графического анализа. В 1920-х и 1930-х годах Ричард В. Шабакер опубликовал несколько книг, которые продолжили работу Чарльза Доу и Уильяма Питера Хэмилтона, написавших книги «Теория и практика рынка акций» и «Технический анализ рынка». В 1948 году Роберт Д. Эдвардс и Джон Маги опубликовали книгу «Технический анализ фондовых трендов», которая широко признается как одна из основополагающих работ по данной дисциплине. Книга исключительно связана с анализом тенденций и графических моделей и используется до настоящего времени. Очевидно, что ранний технический анализ был почти исключительно анализом графиков, так как вычислительные мощности компьютеров не были доступны для статистического анализа.

Чарльз Доу изобрел форму точечного и фигурного графического анализа. Теория Доу основывается на трудах Доу Джонса, собранных его со-основателем и редактором Чарльзом Доу в конце 19 века. Она вдохновила использование и развитие современного технического анализа. Другими пионерами методов технического анализа считаются Ральф Нельсон Эллиотт, Уильям Делберт Ганн и Ричард Викоф, которые разработали свои методы в начале 20 века. Еще больше технических инструментов и теорий было разработано и усовершенствовано в последние десятилетия, с возрастающим акцентом на специально разработанные компьютерные программы.

Технический анализ часто противопоставляется фундаментальному анализу, который состоит в исследовании экономических факторов, влияющих на метод оценки инвесторами финансовых рынков. Технический анализ считает, что цены уже отражают все эти тенденции до того, как инвесторы осведомлены о них. Для раскрытия этих тенденций предназначены технические индикаторы. В то время как фундаментальные аналитики рассматривают доходы, дивиденды, новые продукты, научные исследования и т.п., технические аналитики изучают, что инвесторы думают об этих вещах, и действительно ли инвесторы имеют достаточно денег, чтобы подкреплять свое мнение сделками на рынке. Эти две концепции называются «психология» и «спрос/предложение».

Существует много методов технического анализа. Приверженцы различных методов могут игнорировать другие подходы, но многие трейдеры сочетают элементы более чем одного метода. Некоторые технические аналитики используют субъективное суждение о том, какую модель отражает тот или иной технический инструмент в данный момент, и какая интерпретация модели должна быть. Другие используют строго механической или системный подход к идентификации модели и интерпретации.

Техники используют много методов, одним из которых является использование графиков. Анализируя графики, технические аналитики пытаются определить ценовые модели и тенденции рынка и пытаются использовать эти модели. Техники с помощью диаграмм ищут графические модели, такие как «голова и плечи» или «двойная верхняя/нижняя разворотная модель», наблюдают за техническими индикаторами, скользящими средними, и ищут формы, такие как линии поддержки, сопротивления, каналы и многие другие неясные образования, такие как флаги, вымпелы, дни баланса, чашки и ручки и т.д.

Технические аналитики также широко используют рыночные индикаторы, некоторые из которых являются математическими преобразованиями цен, часто включающими увеличение и уменьшение объема торгов, данные о росте и снижении цен и другие входящие переменные. Индикаторы используются, чтобы помочь оценить тренд, и если он есть, то оценить вероятность его направления и продолжительности. Техники также ищут связи между индексами цены/объема и рыночными индикаторами. Примеры включают в себя индекс относительной силы, MACD.

Основополагающий принцип технического анализа заключается в том, что рыночная цена отражает всю имеющуюся информацию, поэтому анализ фокусируется на истории торгового паттерна ценной бумаги, а не внешних факторах, будь то экономические, фундаментальные факторы или новости. Паттерны цен имеют тенденцию повторяться в связи с тем, что многие инвесторы коллективно стремятся к шаблонному поведению. Исходя из того, что вся соответствующая информация уже отражена в цене, технические аналитики считают, что важно понимать, что инвесторы думают об этой информации, известной и предполагаемой.

Второй принцип - цены двигаются в тренде. Технические аналитики считают, что цены двигаются направленно, то есть, вверх, вниз, вбок, или в комбинациях. Основное определение ценового тренда изначально выдвинуто в теории Доу. Технический аналитик, признающий понижательный тренд, будет искать возможности продать эту ценную бумагу. Каждый раз, когда цена акции возрастает, продавцы будут выходить на рынок и продавать акции, поэтому в движении цены появляется фигура «зигзаг». Последовательность с «более низкими максимумами» и «низкими минимумами» является характерным признаком акции в нисходящем тренде. Иными словами, каждый раз, когда цена акция опускается ниже, она опустится ниже своей предыдущей минимальной цены. Каждый раз, когда цена акции поднялась выше, она не может достичь уровня своего предыдущего относительного максимума.

Третий принцип технического анализа – история повторяется. Технические аналитики считают, что инвесторы коллективно повторяют поведение предшествующих инвесторов. Эмоции на рынке могут быть иррациональными, но они существуют. Повторение эмоций настолько часто случается, что их можно узнать и предвидеть на графиках цен.

Технический анализ не ограничивается анализом графиков, но всегда связан с ценовыми трендами. Например, многие техники мониторят индикаторы настроений инвесторов. Эти исследования оценивают настроения участников рынка, в частности, являются ли они медвежьими или бычьими. Техники используют эти опросы, чтобы определить, будет ли тенденция продолжаться, или изменится. Они, скорее всего, будут ожидать изменений, когда опросы сообщают о крайних настроениях инвесторов. Исследования показывают, что подавляющие бычьи настроения являются доказательством того, что восходящий тренд может измениться, потому что если большинство инвесторов – быки, то они уже купили акции. Это создает больше потенциальных продавцов, чем покупателей, несмотря на бычьи настроения, и говорит о том, что цены будут снижаться. Это пример противотрендовой торговли.

С начала 1990-х годов стремительно выросла популярность искусственных нейронных сетей. С математической точки зрения, они являются универсальными аппроксимирующими функциями, и если они настроены правильно, то могут моделировать любые отношения ввода-вывода. Это не только устраняет необходимость в человеческой интерпретации графиков или правил для сигналов открытия и закрытия позиций, но также обеспечивает связь с фундаментальным анализом, поскольку показатели, используемые в фундаментальном анализе, могут быть использованы в качестве входных данных в нейронную сеть. По данным различных исследований, нейронные сети на основе различных технических и фундаментальных входных данных значительно превосходят инвестиционные стратегии «купить и держать», а также традиционные методы технического анализа.

Систематическая техническая торговля используется после тестирования инвестиционной стратегии на исторических данных. Это называется обратным тестированием (backtesting). Оно чаще всего проводится для технических индикаторов, но может быть применено к большинству инвестиционных стратегий (равно как и для фундаментального анализа). Поначалу обратное тестирование выполнялось вручную относительно выбранных акций, и предполагало правило выбора акций. С появлением компьютеров, обратное тестирование может выполняться в очень короткое время для всей биржи на периоде нескольких десятилетий исторических данных.

Джон Мерфи утверждает, что основными источниками информации для техников являются цены, объемы торгов и открытый интерес. Другие данные, такие, как технические индикаторы и настроения, считаются вторичными. Тем не менее, многие технические аналитики выходят за пределы чистого технического анализа, объединяя другие методы прогноза рынка с технической подходом. Один сторонник такого подхода – Джон Боллинджер, в середине 1980-х годов предложивший термин «рациональный анализ» для обозначения пересечения технического и фундаментального анализа. Другой такой подход, называемый «слиятельным анализом», накладывает технический анализ на фундаментальный.

Технический анализ также часто объединяется с количественным и экономическим анализом. Некоторые рыночные аналитики объединяют финансовую астрологию с техническим анализом.

Эмпирические доказательства. В 1960-х и 1970-х годах технический анализ был полностью отброшен академическими кругами. В недавнем обзоре, Ирвин и Парк сообщают, что 56 из 95 современных исследований обнаружили, что технический анализ дает положительные результаты, но отметили, что многие положительные результаты являются сомнительными, веских доказательств в поддержку технического анализа недостаточно. Многие ученые до сих пор рассматривают его как лженауку. Некоторые ученые, такие как Юджин Фама, говорят, что доказательства технического анализа являются скудными и не соответствуют даже слабой форме гипотезы эффективного рынка.

Вопрос, работает ли технический анализ на самом деле, вызывает много споров. Его методы сильно отличаются, разные технические аналитики иногда делают противоречивые прогнозы на одних и тех же данных. Многие инвесторы утверждают, что благодаря техническому анализу они получают прибыль, но академические исследования часто обнаруживают, что у него мало предсказательной силы. Нелинейные прогнозы с использованием нейронных сетей иногда дают статистически значимые результаты прогнозирования. Исследования в отношении уровней поддержки и сопротивления краткосрочных валютных курсов предоставляют убедительные доказательства того, что этот метод помогает предсказать внутридневные изменения тренда, хотя предсказательная сила этих уровней варьируется в зависимости от рассмотренных обменных курсов и акций.

Технические торговые стратегии оказались эффективными на китайском рынке, недавнее исследование говорит: «Наконец, мы находим значительные положительные результаты на сигналах купить, порожденных противоположной версией пересечения скользящего среднего, правилом прорыва канала, и торговых правил полос Боллинджера, с учетом транзакционных затрат по сделке в 0,5 процента».

Впоследствии, всестороннее изучение вопроса Амстердамским экономистом Гервином Гриффиуном привело к выводу, что «для США, Японии и большинства западноевропейских фондовых индексов рекурсивная процедура прогнозирования на новых данных не оказывается прибыльной после введения небольших транзакционных издержек. Более того, при достаточно высоких транзакционных издержках, по оценке CAPM получается, что техническая торговля вне тестовой выборки с учетом риска не показывает статистически значимую прогнозную силу для всех индексов фондового рынка».

Обзор данных исследований 1996 года сделал вывод, что даже небольшие транзакционные затраты по сделке приводят к невозможности получать преимущество из импульсной стратегии торговли (momentum).

В статье, опубликованной в Journal of Finance , д-р Эндрю У. Лоу, директор лаборатории финансового инжиниринга Массачусетского технологического института, работая с Гарри Мамайски и Цзян Ваном обнаружил, что:

«Технический анализ, также известный как «графики», был частью финансовой практики в течение многих десятилетий, но эта дисциплина не получила такого же уровня академического изучения и распространения как более традиционные подходы, такие как фундаментальный

анализ. Одним из основных препятствий является весьма субъективный характер технического анализа – наличие геометрических фигур в исторических ценовых графиках часто зависит от глаз наблюдающего. В этой статье мы предлагаем систематический и автоматизированный подход к техническому распознаванию паттернов с использованием непараметрических регрессионных ядер, и применяем этот метод для большого количества акций США с 1962 по 1996 год, чтобы оценить эффективность технического анализа. Сравнивая безусловное эмпирическое распределение ежедневной доходности акций и условное распределение, основанное на расчете конкретных технических индикаторов, таких как «голова и плечи» или «двойное дно» - мы находим, что за 31-летний период выборки, некоторые технические показатели действительно предоставляют дополнительную информацию и могут иметь некоторое практическое значение». В той же статье доктор Ло писал, что «несколько академических исследований показывают, что технический анализ может стать эффективным средством для извлечения полезной информации из рыночных цен».

Гипотеза эффективного рынка противоречит основным принципам технического анализа, утверждая, что прошлые цены не могут быть использованы для прогнозирования будущих цен с выгодой. Таким образом, технический анализ не может быть эффективным. Экономист Юджин Фама опубликовал основополагающую статью на эту тему в журнале Finance в 1970 году, и сказал: «Одним словом, доказательства в поддержку эффективной модели рынка обширны, и (что несколько уникально в экономике) противоречивые доказательства редкостны».

Техники говорят, что гипотеза эффективного рынка игнорирует способ работы рынков, основанный на том, что многие инвесторы базируют свои ожидания, например, на прошлых доходах или послужном списке компании. Поскольку будущие цены акций могут сильно зависеть от ожиданий инвесторов, техники утверждают, что прошлые цены влияют на будущие цены. Они также указывают на исследования в области поведенческих финансов, в частности, что люди не рациональны, как предполагает гипотеза эффективного рынка. Иррациональное поведение человека влияет на цены акций, и такое поведение приводит к предсказуемым результатам. Дэвид Аронсон говорит, что теория поведенческих финансов сочетается с практикой технического анализа:

«Рассматривая влияние эмоций, когнитивных ошибок, иррациональных предпочтений и динамику группового поведения, поведенческие финансы предлагают краткое объяснение чрезмерной волатильности рынка и избыточной прибыли, заработанной старыми информационными стратегиями. Когнитивные ошибки могут также объяснить существование неэффективности рынка, порождающей систематическое движение цен, которое позволяет работать объективным методам технического анализа».

Рассмотрим теперь вопрос, насколько технический анализ может использоваться частным инвестором для прибыльной торговли. Из вышеприведенного обзора становится ясно, что у технического анализа множество недостаточно научно обоснованных методов, часто противоречащих друг другу. Любую модель поведения цены можно одинаково субъективно истолковать с прямо противоположными выводами относительно будущего движения цен. Результативность технической торговли неизвестна – проведенные научные исследования касаются только мизерной части инструментов технического анализа, и в большей части не подтверждают его преимущество над стратегией «купить и держать». Чтобы понять, насколько техническая торговля прибыльна, частный инвестор должен либо попробовать торговать (подвергаясь риску), либо провести самостоятельные исследования, включающие несколько этапов:

Изучить методы технического анализа.

Освоить необходимый инструментарий для компьютерного тестирования.

Спланировать методику обратного тестирования.

Собрать исторические данные для тестирования.

Протестировать, правильно интерпретировать результаты и сделать выводы.

Рассмотрим, насколько неподготовленный частный инвестор может это осуществить. Изучение методов технического анализа предполагает чтение книг. Этих книг – несколько сотен, и их число постоянно увеличивается. При освоении одной книги в месяц нужен как минимум 1 год, чтобы иметь поверхностное представление о техническом анализе, то есть о сотнях технических индикаторов с миллионами совместных комбинаций, сотнях разных методик и советов.

Освоение необходимого инструментария для исторического тестирования предполагает освоение нескольких компьютерных программ (например: Quik, Excell, MetaStock, Wealth Lab Developer, Matlab), языков программирования (например: VB, Pascal, C++, C#, Matlab) и собственно программирования. Необходимый объем знаний легко превышает 10 тыс. страниц текста документации к программам, книгам по программированию и сопоставим с получением

второго высшего образования по компьютерным наукам. Минимально необходимое время – от 3 лет. Поскольку основной материал по компьютерным программам и программированию написан на английском языке, нужно добавить минимум 1 год интенсивных занятий английским языком.

Планирование методики тестирования представляет сложную статистическую задачу, нужно освоить теорию вероятности и статистические методы, а в придачу к этому статистическую или математическую программу со встроенным языком программирования (например Statistica, SPSS, Matlab). Объем информации легко размещается на 5 тыс. страниц текста, время освоения – от 2 лет.

После качественного освоения всех этих областей знаний через 7 лет можно приступить к тестированию. Исторические данные для тестирования собрать относительно легко. Само тестирование, интерпретация результатов и выводы не представляет трудности для хорошего специалиста и займет, допустим, по паре недель на один метод технической торговли, которых сотни. Еще пару сотен методов появится за 7 лет обучения инвестора. Таким образом, частный инвестор должен потратить еще 2-3 года, тестируя разные методы.

Итого – частному инвестору потребуется 10 лет, чтобы самостоятельно разобраться в целесообразности использования технического анализа. Но допустим, инвестор обучился и провел тестирование. Результаты поиска будут скорее всего, сходны с имеющимися научным исследованиям, одним словом «что-то есть, но доказательств маловато». Но даже если результаты будут хорошими и надежными, существует другая проблема – наличие хороших научных результатов не гарантирует, что их можно будет использовать в реальной торговле. Например, у инвестора не окажется нужного выхода на рынок, нужной суммы денег, нужной скорости интернета, честного брокера и т.д. Таким образом, можно сделать заключительный вывод – технический анализ нельзя рекомендовать частному инвестору, потому что самостоятельное тестирование скорее всего неосуществимо.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Швагер Д. Технический анализ. Полный курс. – М.: Альпина Бизнес-Букс, 2007. – 806 с.

2. Колби Р. Энциклопедия технических индикаторов рынка. – М.: Альпина Бизнес-Букс, 2004. – 837 с.

Канищев Р. Ю., ассистент, аспирант,
Усманов Д. И., ассистент, аспирант
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ТЕОРИЯ РОЛЕЙ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЛОКАЛЬНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ НА УРОВНЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

us.dali@mail.ru

В рамках данной статьи выдвигается положение об отсутствии пассивных, в области обеспечения инновационного развития региона, муниципальных образований. Авторы рассматривают инновационное развитие региона, как систему активно взаимодействующих между собой муниципальных образований, каждое из которых обладает определенной ролью или набором ролей, отображающих особенности проводимой ими инновационной деятельности. Всего выделяется шесть основополагающих ролей, различающихся по вкладу изучаемых МО в инновационное развитие региона, а также характеру их взаимодействия с другими МО в этом процессе. Соответствие муниципального образования тем или иным ролям предлагается определять по степени развития на его территории ряда определенных институциональных факторов.

Ключевые слова: *муниципальное образование (МО), инновационная инфраструктура, институциональные факторы, инновационное развитие, локальные региональные рынки (ЛРР), инновационные роли.*

Прошедшие реформы, позволившие отечественной экономике реализовать принципы рыночной свободы, привнесли коренные изменения во взаимоотношения между территориями и Центром. Запущенные процессы децентрализации привели к возрождению понятий региональной и местной экономик. Однако, несмотря на годы адаптации, отсутствие опыта в области федерализма и капитализма, негативно сказывающееся на комплексном развитии всех элементов отечественной экономической системы, во многом так и не удалось восполнить. Этот факт продолжает становиться причиной вопросов и проблем, возникающих по поводу социально-экономических взаимоотношений центральной, региональной и местной ветвей власти. Очевидно, что региональный и местный уровни уже не могут оставаться лишь исполнительными, и действительно, был сделан гигантский шаг в активизации деятельности по организации и регулированию процессов на данных территориях. Но если отношения между национальным и региональным уровнем власти были качественно перестроены, получили существенную теоретико-методологическую поддержку и финансовую основу, то уровень взаимодействия регионов со своими муниципальными образованиями по-прежнему остаётся без должной степени внимания и скрывает множество проблем.

Тем временем по опыту развитых европейских стран и американских штатов можно говорить, что прогрессивные муниципальные образования способны привнести значительный вклад в решение проблем политики вышестоящих уровней. Они ликвидируют существенный объем текущих заданий для органов государственной власти и позволяют им сосредоточиться на решении более серьёзных стратегических задач, которые иначе как на федеральном или на региональном уровне решены быть не могут. А также регулируют до 70% повседневных проблем местного населения, обеспечивая социально-экономическую защищенность граждан и их благосостояние.

На настоящий момент применительно к национально-региональному уровню имеются отработанные методики по оценке инновационного потенциала, уровня инновационной развитости и степени инновационной активности субъектов РФ. Данные методики, помимо предоставляемой ими возможности в получении информации о текущем состоянии и перспективах развития инновационной составляющей экономики регионов, а также сравнения индексов инновационного развития субъектов РФ, позволяют осуществлять группировку региональных образований в соответствии с их сильными и слабыми сторонами, выделять регионы доноры и дотационные регионы, учитывать особенности функционирования и ресурсный потенциал каждого региона, видеть их роль в отечественной инновационной экономической системе и в соответствии с данным видением разрабатывать программу её дальнейшего инновационного развития. Такие методики нашли своё широкое применение ввиду большой социально-экономической разнородности представленных на территории РФ субъектов и невозможности применения одинаковых рецептов применительно к различным региональным территориям [7; С. 48-57].

Однако, если на национально-региональном уровне необходимость представления регионов, как уникальных элементов единой инновационной системы, была осознана и принимаются все меры по поиску подходов к синергетическому взаимодействию между данными региональными элементами, то на регионально-муниципальном уровне такой подход остается недостаточно популярным и исследованным. На данный момент муниципальные образования не принято как либо делить по роли их участия в инновационном развитии регионов. Классификация муниципальных образований по степени их вклада в инновационное развитие экономики региона во многом представлена лишь двумя типами МО – это инновационно активные и инновационно неактивные (пассивные) МО. Меж тем авторы не могут согласиться с тем положением, что пока одни муниципальные образования вносят активный в клад в инновационное развитие региона, другие остаются непричастными к этому процессу, не способствуют инновационному росту и в целом пребывают в пассивном состоянии, внося небольшой или даже близкий к нулевому вклад. Напротив, авторы убеждены, что даже самые пассивные в инновационном плане муниципальные образования на деле способны оказывать и оказывают существенный вклад в инновационный подъем своего регионального образования, в том числе и посредством косвенных методов воздействия, а следовательно должны учитываться при построении политики инновационного роста и планах инновационного развития субъектов РФ.

Сейчас в фокус экономического анализа при оценке инновационной деятельности региона попадают в основном муниципальные образования, активно занимающиеся генерированием инновационных разработок, проектов и идей. К таким МО, как правило, относятся региональные центры и крупные города, в которых имеются соответствующие научно-исследовательские институты и научно-технологическая инфраструктура: вузы, НИУ и НИИ, конструкторские бюро, зарождающиеся Центры инноваций, промышленные лаборатории при предприятиях. Нередко такие МО обладают соответствующими факторами и инфраструктурными элементами для интеграции полученных инновационных разработок в экономический оборот, посредством их коммерциализации или трансферта, но зачастую в целевом, генерирующем инновации МО, может не оказаться соответствующих бизнес-инкубаторов, фабрик «start-up», центров трансферта, консалтинговых и аудиторских фирм, информационно-патентных центров и центров экспертизы. В таком случае роль по интеграции инновационных разработок может быть реализована на базе других МО, заинтересованных в такого рода бизнес-посредничестве и обладающими какими либо из перечисленных элементов инновационной инфраструктуры. Тем не менее, растущее число технополисов, технохабов и технопарков показывает, что функции по генерированию и интегрированию инноваций всё сильнее сплетаются в рамках единой, выполняемой МО роли, для получения не только некой новации, но и возможности её реализации на рынке [8; С. 114-128].

Конечным результатом интеграции генерируемых на территории МО инноваций должно стать их внедрение в производство и промышленное тиражирование, если мы говорим о продуктовых инновациях; их оформление в качестве спектра определенных, оказываемых физическим и юридическим лицам услуг на базе действующей организации, если речь идет об инновациях, как некой услуге; и практическое использование инновационных подходов, методик и механизмов хозяйствующими субъектами и органами государственной власти, если рассматривать инновации как процесс. Наиболее благоприятным шагом для развития локальных региональных рынков является рост производственной сферы и количества именно продуктовых инноваций, что подчеркивает роль муниципальных образований, на территории которых ведется их производство. И опять же, зачастую ситуация в регионе складывается таким образом, что имея возможность заниматься генерированием инноваций, в процессе её интеграции сам производственный процесс выносится за пределы «малой родины» данной инновации в более благополучные в ресурсном, географическом, кадровом и менее благоприятные в экологическом плане МО. Таким образом, роль по реализации инноваций в форме готового продукта берут на себя МО с наиболее сильным ресурсным потенциалом и развитой уже не инновационной, а промышленной инфраструктурой.

Рассматривая процессы генерирования, интегрирования и производства инноваций, не стоит забывать и о значительных инвестиционных вливаниях, которые они требуют. К примеру, рассматривая НИОКР можно говорить о значительной степени государственного участия в финансировании фундаментальных исследований и особо значимых прикладных типов исследований, имеющих ярко выраженную социальную направленность. А в случае реализации коммерческих прикладных исследований, опытно конструкторских работ и наладки производственного выпуска инновационной продукции, даже в случае хорошо развитой кредитно-финансовой системы региона, не обойтись без средств крупных хозяйствующих субъектов, заинтересованных в инвестировании в инновационный сектор. Такую роль на себя могут взять те

муниципальные образования, на территории которых располагаются крупные и, как правило, регионообразующие, ресурсодобывающие и производственные промышленные предприятия. Такие хозяйствующие субъекты способны осуществлять значительную подпитку регионального бюджета и внебюджетных фондов, финансовые ресурсы которых затем позволяют реализовывать целевые программы инновационного развития, совершенствовать научно-техническую и инфраструктурную составляющую экономики региона в целом. Помимо этого, данные хозяйствующие субъекты, обладая значительными финансовыми возможностями, также могут осуществлять реинвестирование, полученных в ходе хозяйственной деятельности средств, в научно-исследовательскую деятельность муниципальных образований, специализирующихся на генерации инноваций, и покупку готовых инновационных разработок в виде патентных прав и лицензий. Более того, они могут способствовать развитию муниципальных образований, специализирующихся на интеграции инноваций, развивая инфраструктуру бизнес-сопровождения, коммерциализации и трансферта технологий, за счет использования их элементов в качестве аутсорсинговых услуг.

Даже если рассматривать такую группу муниципальных образований, как сельские поселения, на территории которых, казалось бы, трудно найти какую-либо возможность по инновационному развитию локальных региональных рынков, можно обнаружить и их специфическую роль. С одной стороны, на данный момент продолжается отток населения из сел, урбанизационные процессы негативно воздействуют на сельскохозяйственную и агропромышленную составляющую российской экономики, порождая проблему продовольственной безопасности страны. Однако, с другой стороны, такой процесс обеспечивает устойчивый приток молодых и амбициозных людей в более развитые в том числе и в инновационном плане городские поселения. Часть этих граждан стремится получить высшее образование и преуспеть на научном поприще, другая способствует формированию предпринимательского ресурса инновационно активного муниципального образования. Таким образом, сельским поселениям удается выступить в качестве интеллектуального донора в отношении более развитых генерирующих, интегрирующих, производственных и инвестирующих МО. Даже если роль отдельных сельских поселений, как интеллектуальных доноров минимален, то их вклад в развитие городских рынков труда трудно переоценить.

Если продолжить говорить об инновационных локальных рынках, формирующихся на региональном уровне, и ролях, которые муниципальные образования могут играть на них, то обоснованным является выделение еще одной основополагающей роли, без которой невозможно существование любого рынка – это роль потребителя инновации. Наличие платежеспособного спроса и потребности в инновационных продуктах/услугах у населения муниципальных образований, образующих локальный региональный рынок, является ключевым условием развития инновационного сектора экономики, особенно для инноваций рассчитанных лишь на внутренний рынок. Зачастую излишне специфический характер инновационных разработок не позволяет заниматься их реализацией в тех МО, где они были созданы или запущены в промышленное производство, в других, более успешных сценариях развития событий инновация начинает пользоваться успехом и проявлять диффузионный эффект, в таких случаях критичным является поиск рынков сбыта на территории других муниципальных образований, как внутри целевого субъекта федерации, так и близлежащих субъектов. Здесь и проявляется основная роль муниципальных образований «потребителей», они не только позволяют получить полезный экономический эффект от инноваций, но и в случае успеха инновационного продукта, занимаются его популяризацией и распространением.

Обозначенные роли МО и их взаимодействие в процессе инновационного развития локальных рынков нашли своё графическое отображение на следующем рисунке.

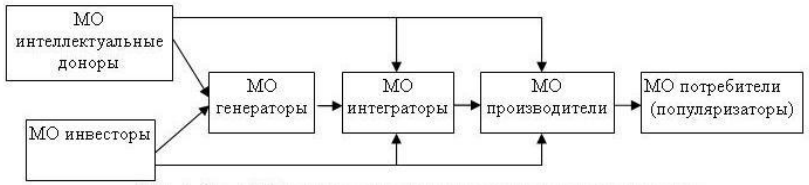


Рис. 1. Роли МО в инновационном развитии локальных рынков

Определение роли муниципальных образований в инновационном развитии локальных региональных рынков и инновационной составляющей экономики региона в целом может быть произведено различными методами: проведение экспертных сессий с участием представителей бизнеса,

муниципальных органов власти, инфраструктурной отрасли; инициирование экспертных опросов и анкетирований; анализ отдельных статистических показателей, характеризующих роли МО.

В рамках данной статьи в качестве инструмента определения степени соответствия ролей тем или иным муниципальным образованиям, авторы предлагают воспользоваться анализом институциональных факторов данных образований. Так, для каждой из рассмотренных ролей можно выделить наиболее характерный для обеспечения и развития функциональной составляющей этой роли институциональный фактор. В свою очередь каждый из обозначенных институциональных факторов будет включать в себя ряд социально-экономических показателей, определяющих степень его проявления.

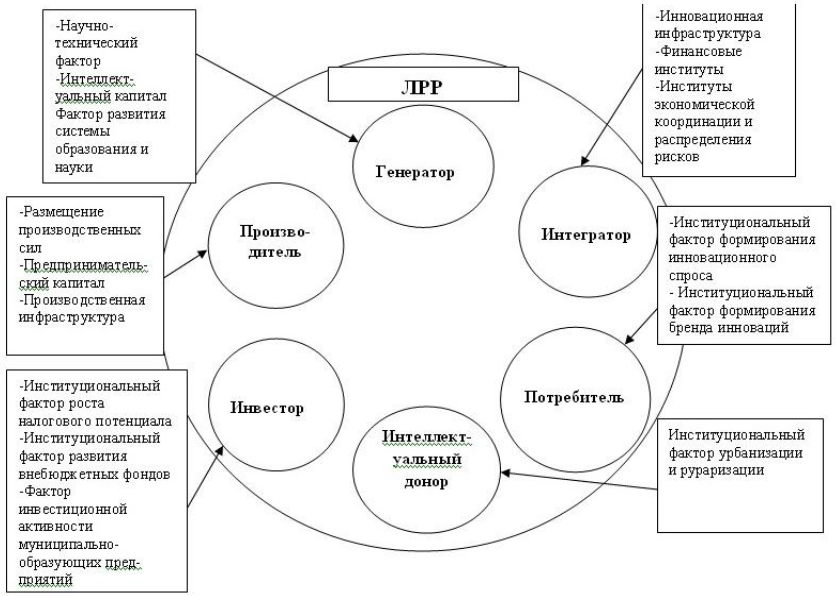


Рис. 2. Основные институциональные факторы, характеризующие роли инновационного развития локальных региональных рынков (ЛРР) на уровне МО

Генераторы.

Научно-технический фактор. При этом научно-технический институциональный фактор должен отражать общее количество научно-исследовательских, конструкторских, проектных и проектно-изыскательских организаций, расположенных на территории МО. По их числу можно будет выявить потенциал муниципального образования к генерированию инновационных разработок. Однако для более точного определения инновационной активности МО необходимо определить степень развития интеллектуального институционального фактора.

Интеллектуальный фактор. Интеллектуальный институциональный фактор направлен на активное преумножение интеллектуального капитала муниципального образования, как в форме научных трудов по инновационной тематике, инициируемых инновационных проектов и разработок, регистрации патентов на генерируемые инновации, так и в отношении заботы о воспол-

нении научно-технических кадров, проявляющаяся в повышении престижности занятий научной деятельностью, противодействии утечке мозгов, росте числа докторов и кандидатов наук в рамках приоритетных направлений науки и техники.

Материально-технический фактор. Под материально-техническим институциональным фактором в свою очередь подразумевается наличие на территории МО соответствующего парка научно-исследовательского оборудования, системы своевременного и комплексного обеспечения образовательного и научно-исследовательского процесса необходимыми специально оборудованными помещениями, научной литературой, исследовательскими инструментами, канцелярскими принадлежностями, сырьем и расходными материалами, средствами связи, доступом к научно-технической информации.

Интеграторы.

Фактор инновационной инфраструктуры. Инновационная инфраструктура представляет собой систему взаимосвязанных и взаимодополняющих организаций различной направленности и различных организационно-правовых форм, а также порядок их взаимодействия, которые обеспечивают реализацию этапов инновационного процесса. Инновационная инфраструктура является важным драйвером развития локальных инновационных рынков отдельных регионов и муниципальных образований [1; С. 79-81].

Важнейшим направлением создания инновационной интегрирующей инфраструктуры является формирование научных и технологических парков, инкубаторов, центров коммерциализации и трансферта, инновационного консалтинга и аудита, благодаря которым осуществляется стратегия стимулирования роста, сводящая воедино элементы промышленной, региональной и инновационной политики.

Кредитно-финансовые институты. В организационном плане одним из ключевых элементов инновационного развития региона являются финансовые институты. И это можно обосновать тем, что инновационная деятельность, как правило, характеризуется достаточно высокой степенью неопределенности и риска, поэтому важными принципами финансового регулирования инновационной деятельности являются множественность источников, гибкость и адаптивность к быстро меняющейся турбулентной среде инновационных процессов. Конкретно в число кредитно-финансовой инфраструктуры инновационного развития могут входить: банки, коммерческие и венчурные фонды, бизнес-ангелы и т.д.

По характеру источников финансирования инновационной деятельности можно выделить институты финансовой поддержки инновационных процессов за счет бюджетных средств (средств федерального бюджета, бюджетов субъектов РФ и местных бюджетов) и внебюджетных средств, включая собственные средства организаций, осуществляющих инновационную деятельность, и средства инвесторов.

Институты экономической координации и распределения рисков. К институтам координации и распределения рисков относятся страховые компании и страховые государственные институты (такие как институты страхования вкладов), инвестиционные фонды, частные и государственные венчурные компании и агентства, призванные способствовать осуществлению рискованных, но потенциально прибыльных проектов [9, С. 129-130].

Отметим, что от состояния развития институтов экономической координации и распределения рисков напрямую зависит эффективность инновационного процесса, успешность возникновения новых секторов экономики, за счет минимизации рисковых ситуаций.

Производители.

Фактор размещения производственных сил. Размещения производительных сил представляют собой выявленные тенденции в размещении производства, обусловленные системой социально-экономических отношений, стадией экономического развития, географическим местоположением, ресурсным потенциалом и требованиями экономической рациональности [2].

Они предполагают: рациональное, наиболее эффективное размещение производства; неразрывную связь между размещением производительных сил и развитием экономических районов; научно обоснованную специализацию экономических районов на основе территориального разделения труда; комплексное развитие хозяйства экономических районов.

Размещение производительных сил на территории конкретного МО рассматривается в неразрывной связи с развитием хозяйства региона как его пространственное выражение. Принципы размещения производительных сил достаточно динамичны и могут меняться в связи с изменением социально-политической ситуации в стране, стратегических аспектов развития отдельных территорий.

Фактор предпринимательского капитала. Капитал может существовать в материализованной и ментальной форме (здания, навыки, умения, способности и т. п.). Под капиталом понимаются материальные, финансовые и интеллектуальные ценности, служащие средством извлечения прибыли. Соответственно предпринимательский капитал — это средства, используемые для извлечения предпринимательской прибыли.

В состав предпринимательского капитала в общем случае могут входить: технические средства производства, используемые предпринимателем на законном основании; материальные элементы оборотного капитала; денежные элементы оборотного капитала; интеллектуальная собственность — это предпринимательская идея, способ производства, способ придания новых свойств, товару, новый способ производства, т. е. все то, что включает в себя понятие «инновация».

Фактор производственной инфраструктуры. Эффективное функционирование рыночной экономики предопределяет четкое взаимодействие всех ее составных: производства, распределения, обращения и потребление. Согласование и объединение интересов субъектов рыночных отношений происходит не только при условиях резкого роста объемов производства и

потребление, осложнение их структуры, а и в случае одновременного сокращения природных ресурсов и значительного усиления конкуренции в глобальном масштабе. При этих обстоятельствах повышается значения хорошо развитой рыночной инфраструктуры [1; С. 219-225].

Производственная инфраструктура представляет собой совокупность видов деятельности и соответствующих субъектов, занятых обслуживанием общественного производства. Высокий уровень развития инфраструктуры дает возможность с максимальной полнотой, комплексно использовать весь производственный потенциал, сократить время пребывания вещественных факторов в процессе производства и ускорить поступление товаров на локальные региональные рынки.

Инвесторы.

Фактор налогового потенциала. Налоговый потенциал муниципального образования определяется суммой налогов, сборов и других обязательных платежей, которые начисляются и уплачиваются налогоплательщиками, зарегистрированными на его территории. Высокий показатель налогового потенциала будет говорить о весомом вкладе такого МО в бюджетную систему региона. В дальнейшем, поступившие в бюджет средства, будут способствовать реализации инновационной политики региона, развитию его научно-технического комплекса, инновационной и производственной инфраструктуры.

Система инновационных фондов. Наличие институциональных факторов формирования системы инновационных инвестиционных фондов на местном уровне, рост количества отчислений в эти фонды из местного бюджета и поиск дополнительных способов их пополнения, также во многом определяют способность муниципального образования выступать в роли инвестора в процессе инновационного развития локальных региональных рынков [6; С. 83-86].

По характеру источников финансирования инновационной деятельности можно выделить институты финансовой поддержки инновационных процессов за счет средств бюджетов субъектов РФ и местных внебюджетных средств, включая собственные средства организаций, осуществляющих инновационную деятельность и выступающих в качестве инвесторов.

Фактор инвестиционной активности местных коммерческих организаций.

Внедрение инноваций хозяйствующими субъектами МО зачастую является единственным способом обеспечения их конкурентоспособности, как на внутрирегиональном, так и на более вышестоящих уровнях. Однако не все организации и предприятия обладают возможностью самостоятельно генерировать эти иннова-

ции и воплощать их в жизнь. Зачастую, хозяйствующим субъектам выгоднее выступить в качестве инвесторов и переносить задачи по созданию и продвижению инноваций на территорию МО «генераторов» и «интеграторов», доверив их научно-исследовательским, конструкторским организациям и элементам инновационной инфраструктуры. То насколько активно хозяйствующие субъекты рассматриваемого МО инвестируют в научно-исследовательский комплекс и закупку готовых инновационных решений, будет определять это МО в роли «инвестора».

Интеллектуальные доноры.

Роль «интеллектуального донора» является, пожалуй, самой специфической из всех ранее названных. Основной отличительной чертой таких МО является устойчиво высокий показатель оттока трудоспособного и как правило молодого населения в соседние, более развитые в социально-экономическом плане МО. Под такую характеристику подпадают МО с ярко выраженным урбанизационным институциональным фактором. В тоже время зарубежный опыт советует не забывать о рураризационных процессах, согласно которым талантливая молодежь должна закрепляться в городах, как средоточии властных, экономических и информационных ресурсов, а менее талантливая и амбициозная, предпочтительно возвращаться на периферию, используя свои знания там и продолжая интеллектуальное воспроизводство [10; С. 89-93].

Потребители.

Фактор формирования инновационного спроса. Перенасыщение рынка традиционными товарами и услугами порождает спрос на новые товары и услуги, т.е. «инновационный спрос». Спрос на инновационный продукт, как правило, предъявляют наиболее обеспеченные группы населения, чей материальный достаток выше среднего, а потребность в традиционных благах в основном удовлетворена. В дальнейшем инновационный товар (при условии ориентации его на массового потребителя) последовательно эволюционирует в высший – средний, средний и низший – средний сегменты рынка. В этом контексте очень важным является вопрос о социальной структуре общества, распределении доходов между различными социальными слоями. Чем лучше средний класс представлен на территории конкретного МО, чем выше уровень его благосостояния, тем больший спрос будет предъявлен на инновационный продукт и тем выше окажется потенциал «капитализации» инновационного продукта на локальных региональных рынках.

Таким образом, инновационная эффективность обусловлена взаимодействием и взаимозависимостью между национальной инновацион-

ной системой и инновационным спросом в той или иной институциональной среде.

Фактор формирования бренда инноваций. Для популяризации инновационных разработок в глазах целевой аудитории потребителей на рынке МО "генератора" и на локальных рынках муниципальных образований, выступающих в другой функциональной роли, любой инновации требуется формирование мультисенсорных (визуальных, аудиальных, имиджевых и сенситивных и т.д.) элементов, приобретающих в результате форму узнаваемого бренда инновационной продукции/услуги. Актуальность этого процесса подтверждается на практике реализуемыми программами формирования бренда территорий, для создания привлекательного инвестиционного климата и узнаваемости региона с учетом инновационной специфики.

Как мы убедились не все муниципальные образования способны к активному участию в инновационной деятельности, какие-то играют непосредственную роль в создании и коммерциализации инноваций, чье-то участие в инновационном развитии экономики региона является более косвенным, одно положение остается неизменным, каждое МО способно играть и играет активную роль, а как правило и несколько ролей, в развитии инновационной составляющей экономики региона. В зависимости от степени проявления институциональных факторов, которыми отличается то или иное муниципальное образование, можно определить эту роль (роли) и соответственно тот вклад, который вносит рассматриваемое МО в общее развитие локального регионального рынка. Использование такого подхода, по мнению авторов, должно позволить не только прийти к более осмысленному восприятию роли и места каждого, даже самого отсталого в инновационном плане МО, но и привести к повышению качества разрабатываемых программ развития муниципальных образований в соответствии с их ролью в обеспечении регионального инновационного роста. Распространенность тех или иных ролей в рамках одного регионального образования будет характеризовать роль субъекта федерации в целом, позволит выявить неравномерность в инновационном развитии регионов, определить сильные или же слабые стороны их инновационной политики, наметить пути и выработать соответствующие инструменты по нормализации сложившейся ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурак П.И., Ростанец В.Г., Топилин А.В. Инфраструктура межрегионального экономического взаимодействия и императивы инновационного развития. М.: Экономика, 2009. – 367 с.

2. Власова Н.Ю., Дворядкина Е.Б. Промышленные города в социально-экономическом пространстве региона // Вестник Уральского государственного технического университета. 2005. – № 6. – С. 84-95.

3. Дворядкина Е.Б., Новикова Н.В., Вяткина О.В. Модернизация экономики города: вопросы теории и методологии. Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2008. – 172 с.

4. Дорошенко С.В. Регион как саморазвивающаяся система: адаптация к инновационному типу развития. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2010. – 239 с.

5. Дуглас Н. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики \ Пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. – 180 с.

6. Золотухина А.В. Проблемы инновационного и устойчивого развития регионов. М.: КР АС АНД, 2010. – 240 с.

7. Институциональные аспекты экономических реформ в России. Монография. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 144 с.

8. Фролова Н.Л. Инновационный процесс: потенциал рынка и государства: Микроэкономика нововведений. М.: Экон. фак. МГУ, ТЭИС, 2001. – 267 с.

9. 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).

10. Экономико-географические и институциональные аспекты экономического роста в регионах / Консорциум по вопр. приклад. экон. исслед., Канадское агентство по международ. развитию [и др.]; [О. Луговой и др.]. – М.: ИЭПП, 2007. – 164 с.

Новоятлев М. А., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

ВАРИАНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ МЕТОДАМИ В ПСМ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ООО «ЖБИ-4» И ЗАО «АЭРОБЕЛ»

mnovoyatlev@ya.ru

Настоящая статья посвящена публикации результатов исследований, произведённых автором на базе производственно-хозяйственной информации по предприятиям ПСМ Белгородской области за период с 2008 по 2011 гг. включительно. Основная научная новизна указанного исследования состоит в предложенной методике комплексного исследования производительности труда на различных предприятиях отрасли ПСМ, позволяющей сопоставлять между собой различные предприятия путём построения корреляционно-регрессионных моделей производительности труда по каждому из предприятий, переводу их в стандартизированный вид, что позволяет ранжировать внутрипроизводственные факторы, входящие в модель, по степени их влияния на выработку и сопоставление результатов ведущих, «средних» и отстающих в своём развитии предприятий.

Ключевые слова: *производительность труда, математические методы, ПСМ, народное хозяйство, внутрипроизводственные факторы, корреляционно-регрессионная модель.*

Тема производительности труда в последнее время всё чаще всплывает в риторике отечественных государственных деятелей и экспертного сообщества. Объяснением этому служит исключительная значимость этого вопроса с точки зрения будущего Российской Федерации, как самостоятельного субъекта, а не объекта, мировой экономики, а как следствие и мировой политики. Производительность труда может быть локально низкой в условиях пониженного спроса на продукцию, но для формирования предпосылок для лидерства в период роста, который, так или иначе придёт на смену спаду мировой экономики, любая страна, претендующая на такое лидерство должна обеспечить все необходимые условия для кардинального быстрого роста производительности труда при благоприятной внешней конъюнктуре для указанного роста в долгосрочной перспективе. Выявлению наиболее значимых из этих условий в одной из важнейших отраслей народного хозяйства любой самостоятельной экономики – промышленности строительных материалов (ПСМ) – посвящена эта статья.

В рамках данной статьи представлены результаты исследования зависимости уровня производительности труда от основных внутрипроизводственных факторов, выполненного с построением экономико-математических моделей, на примере двух предприятий отрасли промышленности строительных материалов Белгородской области: **ООО «ЖБИ-4» и ЗАО «Аэробел»**. Выбор предприятий для анализа обусловлен их значимостью для экономики региона, а также их типовой для постсоветской экономики организационной и производственной структурой, которая даёт возможность проецировать полученные результаты в определённом объёме на предприятия ПСМ в целом на пространстве СНГ.

Информационной базой послужили данные экономического и производственного характера в интервале *с 2008 по 2011 гг. включительно [9]*, которые были обработаны автором, с точки зрения их значимости, доступности к дальнейшему объяснению и верифицируемости. В итоге, к расчету были приняты: *выработка; коэффициент текучести; средний уровень заработной платы; энерговооружённость; коэффициент изношенности оборудования; коэффициент обновления оборудования; коэффициент интенсивного использования оборудования; доля рабочих в общей численности; доля активной части основных средств; удельный вес оборудования, с момента выпуска которого прошло менее 5 лет; удельный вес оборудования, с момента выпуска которого прошло менее 10 лет.*

Учитывая цель исследования в качестве показателя принята выработка.

Далее, по критерию наибольшей величины парной корреляции между показателем (условное обозначение – Y) и факторами производства (условное обозначение – Xi) были отобраны 5 наиболее важных факторов, а именно:

- коэффициент текучести (условное обозначение - X_1)
- средний уровень заработной платы (условное обозначение - X_2)
- энерговооружённость (условное обозначение - X_3)
- коэффициент интенсивного использования оборудования (условное обозначение - X_6)

• и удельный вес оборудования, с момента выпуска которого прошло менее 5 лет (условное обозначение - X_9).

Затем, был осуществлён выбор формы связи между каждым фактором и показателем по критерию наибольшего коэффициента детерминации. Результаты расчёта по ООО «ЖБИ-4» и ЗАО «Аэробел» представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Результаты выбора формы связи между результирующей и объясняющими переменными в экономико-математической модели зависимости выработки от основных производственных факторов на ООО «ЖБИ-4»

X	Вид связи	Уравнение связи	Коэффициент детерминации (R^2)
X_1	Линейная	$y = -0,243x + 0,041$	0,188
	Логарифмическая	$y = -0,02\ln(x) - 0,03$	0,188
	Гиперболическая	$y = 0,0015x^{-1} + 0,0014$	0,17
	$x^{1/2}$	$y = -0,141x^{1/2} + 0,061$	0,148
	Квадратичная	$y = -1,35x^2 + 0,031$	0,18
	Кубическая	$y = -9,264x^3 + 0,027$	0,196
X_2	Линейная	-	0,196
	Логарифмическая	-	0,000028
	Гиперболическая	-	0
	$x^{1/2}$	-	0,000081
	Квадратичная	-	0,000009
	Кубическая	-	0,000054
X_3	Линейная	$y = 0,305x + 0,01$	0,000048
	Логарифмическая	$y = 0,006\ln(x) + 0,042$	0,071
	Гиперболическая	$y = -0,0001x^{-1} + 0,023$	0,04
	$x^{1/2}$	$y = 0,091x^{1/2} + 0,004$	0,02
	Квадратичная	$y = 5,789x^2 + 0,013$	0,054
	Кубическая	$y = 121,64x^3 + 0,014$	0,111
X_6	Линейная	$y = 0,017x + 0,006$	0,153
	Логарифмическая	$y = 0,014\ln(x) + 0,027$	0,632
	Гиперболическая	$y = -0,006x^{-1} + 0,033$	0,646
	$x^{1/2}$	$y = 0,033x^{1/2} - 0,008$	0,505
	Квадратичная	$y = 0,007x^2 + 0,014$	0,662
	Кубическая	$y = 0,003x^3 + 0,016$	0,499
X_9	Линейная	$y = -0,102x + 0,047$	0,376
	Логарифмическая	$y = -0,024\ln(x) - 0,013$	0,126
	Гиперболическая	$y = 0,005x^{-1} - 0,0016$	0,126
	$x^{1/2}$	$y = -0,101x^{1/2} + 0,071$	0,121
	Квадратичная	$y = -,203x^2 + 0,034$	0,126
	Кубическая	$y = -0,512x^3 + 0,03$	0,122

Полученные виды связи между показателем и факторами позволяют, в том числе, при помощи широко распространённых экономико-математических программных продуктов [1], [2], без существенных трудозатрат построить корреляционно-регрессионные модели, описывающие связь между выработкой, как количественным выражением производительности труда и основными, влияющими на неё внутрипроизводственными факторами. Полученные таким образом модели могут служить базой для обоснования вклада наиболее значимых с точки зрения конкретного предприятия факторов, влияющих на производительность труда. Однако, для того, чтобы сделать какие-либо выводы в целом по отрасли такие модели не подходят [3], в том числе потому, что выработка на разных предприятиях ПСМ представлена различными величинами по подотраслям, которые невозможно достоверно перевести в условные тонны или метры стройматериалов [6]. В качестве выхода из данной ситуации автор предлагает дальнейший перевод полученной пятикритериальной модели зависимости выработки от влияющих факторов, с учётом выбранной наиболее значимой формой связи по каждому фактору, в стандартизированный вид, по которому возможно произвести ранжирование объясняющих факторов по величине их влияния на выработку, исходя из величины по модулю коэффициентов при объясняющих переменных в стандартизированном виде уравнения регрессии. Результаты построения корреляционно-регрессионых моделей в обычном и стандартизированном видах представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 2

Результаты выбора формы связи между результирующей и объясняющими переменными в экономико-математической модели зависимости выработки от основных производственных факторов на ЗАО «Аэробел»

X	Вид связи	Уравнение связи	Коэффициент детерминации (R^2)
X_1	Линейная	$y = -254,286x + 143,1$	0,045
	Логарифмическая	$y = -25,25\ln(x) + 55,776$	0,021
	Гиперболическая	$y = 1,743x^{-1} + 92,335$	0,006
	$x^{1/2}$	$y = --166,408x^{1/2} + 143,1$	0,032
	Квадратичная	$y = -985x^2 + 129,592$	0,071
	Кубическая	$y = -4187x^3 + 124,16$	0,09
X_2	Линейная	$y = 9,408x - 46,094$	0,703
	Логарифмическая	$y = 131,174\ln(x) - 250,488$	0,649
	Гиперболическая	$y = -1420,140x^{-1} + 207,28$	0,525
	$x^{1/2}$	$y = 72,296x^{1/2} - 180,184$	0,686
	Квадратичная	$y = 0,28x^2 + 24,318$	0,694
	Кубическая	$y = 0,01x^3 + 49,185$	0,658
X_3	Линейная	$y = 0,098x +99,982$	0,003
	Логарифмическая	$y = 33,728\ln(x) - 27,908$	0,057
	Гиперболическая	$y = -2992,785x^{-1} + 167,631$	0,143
	$x^{1/2}$	$y = 4,874x^{1/2} + 69,466$	0,021
	Квадратичная	$y = -0,001x^2 + 109,3$	0,007
	Кубическая	$y = -0,000008x^3 + 109,76$	0,024
X_6	Линейная	$y = 782,218x + 8,521$	0,956
	Логарифмическая	$y = 69,579\ln(x) + 268,322$	0,804
	Гиперболическая	$y = -2,231x^{-1} +139,719$	0,418
	$x^{1/2}$	$y = 517,389x^{1/2} - 66,793$	0,923
	Квадратичная	$y = 2638,305x^2 + 49,342$	0,926
	Кубическая	$y = 9828,285x^3 + 63,058$	0,874
X_9	Линейная	-	0
	Логарифмическая	-	0
	Гиперболическая	-	0
	$x^{1/2}$	-	0
	Квадратичная	-	0
	Кубическая	-	0

Таблица 3

Результаты расчёта коэффициентов при переменных и свободных членов в корреляционно-регрессионной модели производительности труда в ООО «ЖБИ-4» в обычном и стандартизированном видах

	x_1	x_2	x_3	x_6	x_9	y	c
Std. Dev.	0,021894	1,580804	0,010745	0,553023	0,042459	0,012262	-0,002
K_i	0,080	0,000	44,305	0,031	-0,023		
	x_1'	x_2'	x_3'	x_6'	x_9'		
K'_i	0,00042	0,00000	0,11311	0,00410	-0,00023		
Ранг	3	5	1	2	4		
Y =	$0,08004x_1^2 + 0x_2 + 44,30545x_3^3 + 0,031223x_6^{1/2} - 0,023199x_9 + -0,002014$						
R^2	0,689						
Y' =	$0,00042x_1'^2 + 0x_2' + 0,11311x_3'^3 + 0,0041x_6'^{1/2} - 0,00023x_9'$						

Таблица 4

Результаты расчёта коэффициентов при переменных и свободных членов в корреляционно-регрессионной модели производительности труда в ЗАО «Аэробел» в обычном и стандартизированном видах

	x_1	x_2	x_3	x_6	x_9	y	c
Std. Dev.	0,05193	5,5612	34,00433	0,07801	0	62,40364	-7,548
K_i	934,331	3,820	-992,899	547,549	0,000		
	x_1'	x_2'	x_3'	x_6'	x_9'		
K'_i	11,52790	5,04791	-8021,77077	10,14856	0,00000		
Ранг	2	4	1	3			
Y =	$934,331x_1^3 + 3,820426x_2 + -992,8987x_3^{-1} + 547,5489x_6 + 0x_9 + -7,547589$						
R^2	0,982						
Y' =	$11,5279x_1' + 5,04791x_2' + -8021,77077x_3' + 10,14856x_6' + 0x_9'$						

Разработанные экономико-математические модели дают возможность сопоставления регрессионных моделей производительности труда, построенных по разным предприятиям ПСМ, с точки зрения степени влияния различных факторов на производительность труда предприятия. Таким образом, по мере наработки информационной базы для сравнения, становится возможным выявить тенденцию и, на основе сравнения предприятий по экономической успешности их деятельности, установить какие факторы наиболее значимы для повышения производительности труда для предприятий, которые являются аутсайдерами, с точки зрения среднеотраслевых показателей выручки и прибыльности, и соответственно для лидеров и «середняков» отрасли ПСМ [7]. Проведение указанной процедуры делает возможным разработку достаточно универсальной методики выработки практических рекомендаций по повышению производительности труда предприятий ПСМ, отстающих в своём развитии от отрасли в целом, идущих со среднеотраслевыми темпами развития и лидирующих по своему развитию предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лева, О.В.* Эконометрика: методические указания к выполнению лабораторных работ / О.В. Лева, С.П. Гавриловская, Е.В. Дегтева. - Белгород: Изд-во БГТУ. - 2007. – 73 с.

2. *Лева, О.В.* Эконометрика: методические указания к выполнению лабораторных работ / О.В. Лева, С.П. Гавриловская. - Белгород: Изд-во БГТУ. - 2008. – Ч.2 – 65 с.

3. *Дорошенко Ю. А.* К проблеме понимания сущности трансакционных издержек инновационного процесса / Ю.А. Дорошенко, С.М. Бухонова, Т.А. Тумина // Вестник УГТУ. – 2006. - № 3.- С. 24-29.

4. *Егишянц, С.* Экономика США: расти нельзя падать / С. Егишянц, А. Потаев // «ITinvest онлайн-брокер». - 18.10.2012 - http://www.itinvest.ru/analytics/reviews/strategic-analysis/7144/.

5. *Глазьев, С.Ю.* Как оседлать волну / С.Ю. Глазьев // «Независимая газета». - 03.02.2012. - http://www.ng.ru/ideas/2012-02-03/5_wave.html.

6. *Рудычев А.А.* Повышение конкурентоспособности предприятий промышленности строительных материалов / А.А. Рудычев, А.А. Зеленский // Вестник БУПК. – 2008. – Выпуск 3 (18). – С. 19-22.

7. *Рудычев А.А.* Анализ известных методов калькулирования себестоимости продукции комплексных производств / А.А. Рудычев, О.В. Лева, С.П. Гавриловская // Российское предпринимательство. — 2008. — № 2 Вып. 1 (105). - С. 73-77. http://www.creativeconomy.ru/articles/4606/

8. Путин на "Валдае". Об экономике прошлого и экономике будущего // Журнал «ОднакО». - 26.10.2012. - http://www.odnako.org/blogs/show_21631/.

9. Производственно-экономические данные предприятий ПСМ, полученные по запросу Департамента экономического развития Белгородской области.

Орлов А. В., канд. хим. наук, доц.
Дзержинский политехнический институт (филиал)
Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева

КЛАССИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ТОПЛИВОЁМКОСТИ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

orlean2000@yandex.ru

Рассмотрена группировка химических производств по совокупности таких показателей, как топливоёмкость и затраты на топливо. На основе общности топливоёмкости и затрат на топливо, химические производства были классифицированы на четыре группы. Определены наиболее топливоёмкие и топливопотребляющие химические производства.

Ключевые слова: *классификация, кластерный анализ, группировка, многомерная классификация, химические производства, топливоёмкость, затраты.*

Химическая промышленность - одна из самых энергоемких отраслей во всем мире. Она играет важную роль в экономическом развитии практически всех отраслей промышленности и других сфер деятельности. Достижениями химии определяют конкурентоспособность таких отраслей как машиностроение, автомобилестроение, авиастроение энергетика, лесная промышленность, легкая промышленность, сельское хозяйство. Более того, без развития химической промышленности невозможно улучшение состояния окружающей среды и решение таких глобальных проблем, как нехватка ресурсов, энергии и продовольствия.

Российская химическая промышленность в докризисном 2008 году имела выручку в 74,1 млрд. долларов США. В 2010 году после выхода из экономического кризиса объем выпуска продукции химического комплекса увеличился до 83,4 млрд. долларов. Вклад химического комплекса в ВВП России невелик и может быть оценен в 1,5%. В большинстве индустриально развитых стран вклад химической индустрии в ВВП значительно выше, причем особенно в этом отношении выделяется Южная Корея.

Химическая промышленность России является как крупным экспортером, так и крупным импортером различной продукции. Основными экспортными товарами являются аммиак, метанол, минеральные удобрения и синтетический каучук. Среди других химических товаров, которые в больших объемах поставляются за рубеж, можно отметить каустическую соду, полиэтилен, продукцию органического синтеза (капролактам, бутиловые спирты, этиленгликоли, фталевый ангидрид), технический углерод, синтетические моющие средства, шины. Основными рынками сбыта российской химической продукции за рубежом являются Европа и страны СНГ.

Поскольку Россия располагает большими ресурсами углеводородного сырья, химическая промышленность в стране выполняет также функцию увеличения глубины его переработки и повышения отдачи от использования этих ограниченных ресурсов. При этом потенциал химической промышленности России в этой области сейчас используется минимально, большая часть ценного углеводородного сырья экспортируется или используется для топливных нужд.

В России химические предприятия используют около 12% от общего объема первичного потребления энергоресурсов. Энергоёмкость отрасли в среднем оценивается в 15-17%. По ряду производств, таких как, например, выпуск синтетических каучуков, доля энергоресурсов достигает 20-22% в себестоимости продукции.

Доля российской промышленности в общем объеме мирового химического производства составляет всего лишь 1%. В 90-е годы объемы производства химической продукции в России упали на 70% по сравнению с уровнем 1990 г. Хотя после 1998 г. рост в отрасли возобновился, производство до сих пор составляет лишь 60% от объемов 1990 г.

Потребление первичных энергоресурсов в химической промышленности составляет 20 млн. т.у.т., или 2% общего потребления в России.

Для того, чтобы снизить затраты на тепловую и электрическую энергию, химические холдинги стараются снижать затраты на покупку энергоресурсов у внешних поставщиков, выкупать у генерирующих компаний источники энергоснабжения своих предприятий или строить собственную генерацию. Для уменьшения потребления энергоресурсов в отрасли реализуются программы энергоэффективности и энергосбережения.

В результате реализации программ энергоэффективности и энергосбережения химические предприятия могут получить еще более существенную экономию [1].

Многие российские химические предприятия оснащены неэффективным оборудованием, которое потребляет большое количество электроэнергии. Из 20 млн. т.у.т. общего объема потребляемых в секторе первичных энергоресурсов более половины используется для обеспечения работы производственного электрооборудования. Однако, в США этот показатель составляет 30% от общего объема энергоресурсов. Если не будет принято никаких мер для повышения эффективности, конкурентоспособность российских компаний будет падать с ростом цен на электроэнергию.

Одной из особенностей химической промышленности, вытекающей из приведенных данных о размере и структуре энергопотребления отрасли, является одновременное потребление большого количества топлива, электрической и тепловой энергии. Непосредственное потребление топлива на энергетические цели составляет в химической промышленности около 12,5 % суммарного энергопотребления, при этом не учитывается использование топлива в качестве сырья химических производств. Около 40 % топлива сжигается в промышленных котельных и на ТЭЦ для производства тепловой и электрической энергии. Остальное топливо (главным образом твердое и газообразное) используется в технологических установках [2].

В отличие от электро- и теплоэнергетики, отличающейся высокими потерями и общей неэффективностью производственного процесса, а также от черной металлургии, которая располагает значительными возможностями замены топлива побочными продуктами производства, химическая промышленность может повысить энергоэффективность главным образом за счет обновления парка оборудования, что представляет собой длительный процесс, связанный с высокими затратами. При замене старых производственных мощностей новыми снижаются и средние показатели энергоемкости отрасли, и средние объемы удельных выбросов [3].

Эксперты подсчитали, что в связи с развитием отрасли потребление первичных энергоресурсов в российской химии может увеличиться с 20 млн. т.у.т. в 2008 году до 34 млн. т.у.т. в 2030 году. Однако внедрение мероприятий по сокращению энергопотребления позволит снизить затраты этой статьи себестоимости химической и нефтехимической продукции на 13-16%. [4]

Специфика повышения энергоэффективности в отдельных секторах экономики предопределила необходимость выделения конкретных направлений по реализации программных мероприятий по повышению энергоэффективности и снижению энергоёмкости.

Целью настоящих исследований являлось определение наиболее топливоёмких и топливопотребляющих производств химической промышленности.

В соответствии с поставленной целью в данной работе предусматривалось решение задачи кластеризации производств химической промышленности.

Исследование проводилось с использованием программного пакета Statgraphics. Исходными данными для исследования являлись данные официального сайта Федеральной службы государственной статистики и Международного энергетического агентства [5, 6].

В качестве метода классификации данных объектов нами был выбран кластерный анализ.

Классификация является одним из фундаментальных процессов в науке. Классификация – это упорядочение объектов по схожести.

В данной работе проведена классификация множества объектов по двум переменным. Для проведения такой многомерной классификации используются методы кластерного анализа. Группы близких по какому-либо критерию объектов обычно называются кластерами. Кластеризацию можно считать процедурой, которая, начиная работать с тем или иным типом данных, преобразует их в данные о кластерах. Многие методы кластерного анализа отличаются от других методов многомерного анализа отсутствием обучающих выборок, т.е. априорной информации о распределении соответствующих переменных генеральной совокупности.

Наибольшее распространение в экономике получили иерархические агломеративные методы и итерационные методы группировки. При использовании методов кластерного анализа достаточно сложно дать однозначные рекомендации по предпочтению применения тех или иных методов. Необходимо понимать, что получаемые результаты классификации не являются единственными. Предпочтительность выбранного метода и полученных результатов следует обосновать.

Кластерный анализ – это способ группировки многомерных объектов, основанный на представлении результатов отдельных наблюдений точками подходящего геометрического пространства с последующим выделением групп как «сгустков» этих точек [7, 8].

Для проведения многомерной классификации были отобраны показатели затрат на топливо и топливоёмкости производств химической промышленности. Величины указанных показателей приведены в таблице 1.

Исследование состояло из следующих этапов:

- выбор способа измерения расстояния или меры сходства;
- выбор метода кластеризации;
- принятие решения о количестве кластеров;
- интерпретация кластеров.

В данной работе в качестве меры сходства выбран квадрат евклидова расстояния. Данная мера расстояния используется в тех случаях, когда требуется придать больше значение более отдаленным друг от друга объектам.

После выбора меры сходства выбирается метод кластеризации. В данных исследованиях был использован иерархический агломеративный метод, в частности метод дальнего соседа. В этом методе расстояния между двумя кластерами определяется как расстояние между самыми удалёнными друг от друга значениями наблюдений, причём каждое наблюдение берётся из своего кластера.

Таблица 1

Затраты на топливо и топливоёмкость производств химической промышленности в 2010 г.

№ п/п	Наименование продукта	Затраты на топливо, млн. руб.	Топливоемкость, руб./т
1	Акрилонитрил	30,5	220,3
2	Бензол	919,9	874,0
3	Бутадиен	373,0	930,9
4	Капролактам	63,5	199,0
5	Этилен	2119,2	930,9
6	Дихлорэтилен	8,0	312,7
7	Этиленгликоль	63,0	227,4
8	Окись этилена	50,7	177,6
9	Изопропиловый спирт	0,7	298,4
10	Фталевый ангидрид	256,6	1421,2
11	Пропилен	1149,1	987,7
12	п-Ксилол	183,9	348,2
13	Винилхлорид	103,5	191,9
14	Полиэтилентерефталат	58,6	291,3
15	Полистирол	89,8	348,2
16	Поливинилхлорид	210,1	397,9
17	Аммиак	10305,5	795,8

Источник: Росстат, IEA (Международное энергетическое агентство)

Следующим этапом решения является принятие решения о количестве кластеров. Процессу группировки объектов в иерархическом кластерном анализе соответствует постепенное возрастание расстояния между объединяемыми кластерами. Скачкообразное увеличение расстояния между объединяемыми кластерами можно определить как характеристику числа кластеров, которые действительно существуют в исследуемом наборе данных. Таким образом, этот способ сводится к определению скачкообразного увеличения расстояния между объединяемыми кластерами, которое характеризует переход от сильно связанного к слабо связанному состоянию объектов.

В данном исследовании скачок происходит на 13 шаге объединения кластеров. Оптимальным считается количество кластеров, равное разности количества наблюдений (17) и количества шагов до скачкообразного увеличения расстояния между объединяемыми кластерами (13). Следовательно, после создания четырёх кластеров объединений больше производить не следует.

Двухмерная диаграмма рассеивания затрат на топливо и топливоёмкости приведена на рис.1. Из диаграммы рассеяния видно, что первый кластер включает в себя одиннадцать объектов (1, 4, 6-9, 12-16), второй кластер включает в себя четыре объекта (2, 3, 5, 11), третий кластер включает в себя один объект (10), четвертый кластер включает в себя один объект (17).

Из диаграммы рассеивания следует, что первый кластер характеризуется низкими затратами на топливо и низкой топливоёмкостью. Во втором кластере наблюдается низкие затраты на топливо и средняя топливоёмкость (2 – производство бензола, 3 – производство бутадиена, 5 – производство этилена, 11 – производство пропилена). Третий кластер характеризуется низкими затратами на топливо и высокой топливоёмкостью (10 – производство фталевого ангидрида). Четвёртый кластер характеризуется высокими затратами на топливо и средней топливоёмкостью (17 – производство аммиака).

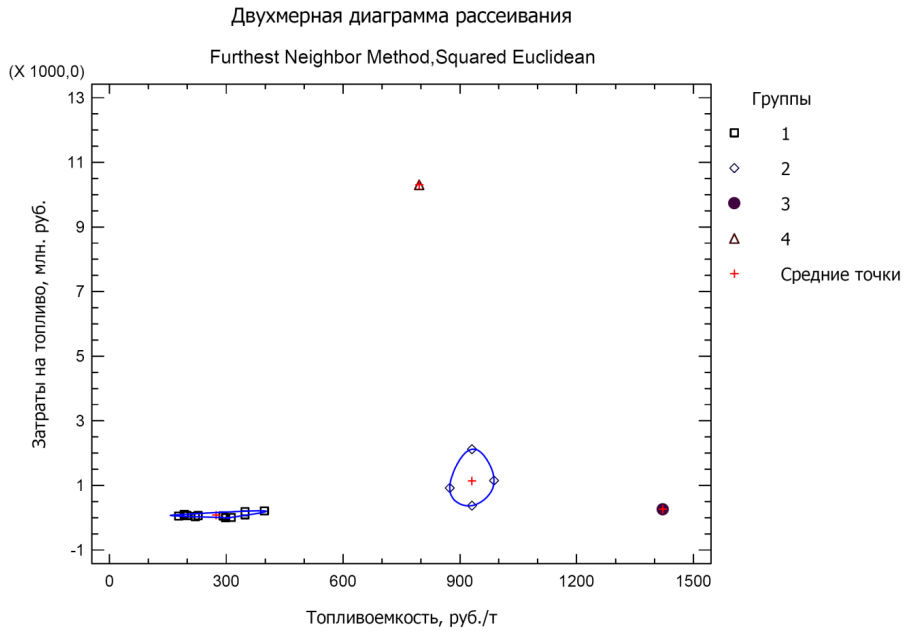


Рис. 1 Двухмерная диаграмма рассеивания затрат на топливо и топливоёмкости

По результатам проведенного анализа были определены наиболее топливоёмкие и топливопотребляющие химические производства. Наиболее топливоёмким производством являются производство фталевого ангидрида. Наиболее топливопотребляющим производством является производство аммиака. Это связано со значительным потреблением природного газа в качестве топлива для реформинга метана в трубчатых печах и большими объёмами производства аммиака.

На основании вышесказанного следует, что использование кластерного анализа позволяет определить наиболее топливоёмкие и топливопотребляющие химические производства и направления инвестиций в каждый из этих объектов анализа, а также является основанием для разработки программ по повышению энергоэффективности и снижению энергоёмкости в данных химических производствах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системное энергосбережение. [Электронный ресурс] // Сообщество «Рупек» : сайт. – http://www.rupec.ru/analytics/?ID=3821

2. Вяткин М.А. Основные направления развития энергетики химической промышленности (Экономия топлива и электроэнергии)/ М.А. Вяткин, Н.И. Рябцев, С.Д. Чураков. – М.: Химия, 1987. - 32 с.

3. Энергоэффективная Россия // Отчёт, подготовленный экспертами McKinsey & Company. – 2009. – 160 с.

4. Готова Н.В. Системное энергосбережение / Н.В. Готова // Нефтехимия Российской Федерации. – 2011. - №5 (10). - с. 24-28.

5. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики // http://www.gks.ru

6. Международное энергетическое агентство // http://www.iea.org

7. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. - М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

8. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. Факторный, дискриминантныи и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка. - М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

Вострецов А. И., аспирант
Башкирский государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РИСКА, ВОЗНИКАЮЩЕГО В ПРОЦЕССЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ПЕРЕЛИВА ЭЛЕМЕНТОВ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА)

vostretsow@yandex.ru

В статье рассмотрен региональный риск, который проявляется в колеблемости интегральных показателей, характеризующих трансграничное движение инновационного потенциала региона. При разработке политики управления процессом межрегионального перелива элементов воспроизводственного потенциала следует уделять пристальное внимание данному фактору, так как недостаточное наращение одного потенциала может негативно сказаться в целом на воспроизводственных процессах в регионе. Данный анализ расширяет знания о межрегиональном переливе элементов воспроизводственного потенциала и может быть применен региональными органами власти при разработке концепции экономического развития субъекта федерации в части формирования и наращения инновационной составляющей региональной экономики.

Ключевые слова: *региональный риск, инновационный потенциал, коэффициент вариации.*

Воспроизводственный потенциал региона не является закрытой системой, как считают многие ученые. Те или иные элементы воспроизводственного потенциала можно либо полностью, либо частично вывезти или наоборот, импортировать. Ввоз различных потенциалов увеличивает совокупный воспроизводственный потенциал принимающего региона и, соответственно, уменьшает потенциал региона-донора. При наращении тех или иных элементов воспроизводственного потенциала необходимо обращать внимание на постоянность процессов ввоза и вывоза его компонентов, так как высокая величина экспорта может резко снизить в анализируемом периоде величину совокупного потенциала и повлечь за собой ряд проблем: например, в виду того, что некоторые элементы воспроизводственного потенциала являются вторичными, может возникнуть проблема их наращения в виду оттока первичных элементов, что в конечном итоге крайне негативно скажется на воспроизводстве регионального продукта и показателях результатов функционирования экономики. Также значительные колебания ввоза и вывоза потенциалов могут повлечь за собой аналогичные колебания экономического роста в регионе. Целью нашего исследования является изучение колеблемости показателей, характеризующих межрегиональный перелив инновационного потенциала в регионах Приволжского федерального округа и ранжирование субъектов федерации по степени риска для дальнейшего использования данного показателя при разработке концепции управления трансграничным движением воспроизводственного потенциала. Взаимосвязь категории «риск» с движением элементов воспроизводственного потенциала проявляется в том, что устойчивость развития предполагает исключение возможности снижения потенциала, то есть значительный экспорт потенциала приводит к его уменьшению, а в ряде случае – к его полному вывозу, что является негативным явлением для региональной экономической системы. На наш взгляд, процесс межрегионального перелива потенциала должен носить относительно постоянный характер, то есть недопустимы значительные колебания ввоза и вывоза элементов воспроизводственного потенциала из региона, так как полный вывоз одного элемента может привести к невозможности использования или наращения второго, в результате чего может снизиться потенциал результатов, в частности, это может привести к уменьшению размера производимого валового регионального продукта, увеличения зависимости от импорта товаров, снижения экспорта и т.д.

Связь риска с межрегиональным переливом элементов воспроизводственного потенциала проявляется в том, что риски в различных сферах деятельности могут привести к недостатку в регионе тех или иных необходимых ресурсов. В этой связи региональный риск представляет собой вероятность снижения потенциала региона, возникающую в силу отсутствия стабильности в экономической, политической, социальной сферах региона и проявляющуюся в отрицательной динамике структурных элементов потенциала региона.

Таким образом, риск в процессах ввоза-вывоза элементов воспроизводственного потенциала проявляется в значительных колебаниях величины импорта и экспорта потенциалов и в возможности снижения общего объема потенциала в результате действия данных процессов. Для оценки степени риска могут быть использо-

ваны следующие показатели: среднее значение величин ввоза и вывоза потенциала, дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации и размах вариации. Основным, на наш взгляд, среди данных показателей является коэффициент вариации, который показывает степень рассеивания (разброса) показателя (например, ввоза инновационного потенциала) за ряд периодов, в нашем случае за 2005 – 2011 гг.

Так, проанализировав показатели ввоза инновационного потенциала мы установили следующее (рис. 1).

По величине ввоза инновационного потенциала среди регионов Приволжского федерального округа наибольшая колеблемость данного показателя наблюдается у следующих регионов: Оренбургская область (138,41%), Удмуртская республика (84,01%), Самарская область (71,51%), Пермский край (49,43%), Кировская (41,97%), Нижегородская (42,3%) и Ульяновская области (46,65%), а также Чувашская республика (43,71%) (см. рис. 3).

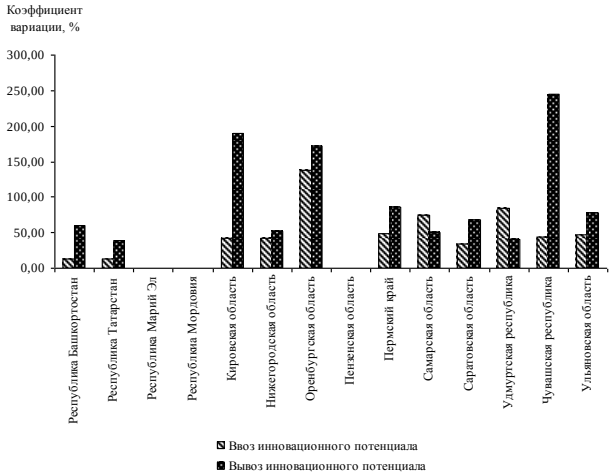


Рис. 1. Показатели колеблемости интегральных показателей ввоза и вывоза инновационного потенциала (значение коэффициента вариации) за 2005 – 2011 гг. в регионах Приволжского федерального округа, %

У двух субъектов (Республики Татарстан и Башкортостан) наблюдается умеренный уровень колеблемости ввоза потенциала (13,04 и 13,42% соответственно). У остальных регионов колеблемость по данному показателю отсутствует как и сам ввоз инновационного потенциала.

По показателю колеблемости вывоза инновационного потенциала отличаются следующие регионы: Чувашская республика (244,95%), Кировская (189,32%) и Оренбургская области (172,3%), Пермский край (86,61%), Ульяновская (77,65%) и Саратовская области (68,05%), Республики Башкортостан (59,76%), Татарстан (39,38%), Удмуртия (40,16%), а также Нижегородская (52,68%) и Самарская области (49,93%). У Республик Марий Эл и Мордовия, а также Пензенской области колеблемость по данному показателю отсутствует.

Мы соотнесли величины ввоза инновационного потенциала с показателем колеблемости данных величин. В результате регионы разбиваются на шесть условных групп:

I группа «Агрессивные импортеры» – рискованные регионы, но способные наращивать свой потенциал в огромных объемах. Характеризуется высокими объемами ввоза потенциала (выше среднего значения в целом по Приволжскому федеральному округу) и высокой степенью колеблемости (коэффициент вариации более 25%).

II группа «Уравновешенные (сбалансированные) импортеры» – регионы со средней степенью риска, способные при этом ввозить потенциал в больших объемах. При тех же показателях ввоза потенциала, коэффициент вариации варьируется от 10 до 25% (умеренная степень риска).

III группа «Идеальные импортеры». Регионы данной группы характеризуются высокими темпами ввоза потенциала и отличается низкой степенью колеблемости данного показателя (менее 10%).

IV группа «Пассивные импортеры». Регионы данной группы отличаются малыми объемами ввоза потенциала (меньше среднего значение в целом по Приволжскому федеральному округу) и высокой степенью колеблемости.

V группа «Умеренно-пассивные импортеры». Включает в себя регионы с низким уровнем ввоза потенциала и умеренным уровнем риска.

VI группа «Консервативные импортеры». Характеризуется низким уровнем колеблемости и малыми объемами ввоза потенциала.

Аналогично можно ранжировать регионы по величине экспорта потенциала:

I группа «Агрессивные экспортеры». Характеризуется высокими объемами вывоза потенциала (выше среднего значения в целом по Приволжскому федеральному округу) и высокой степенью колеблемости показателя (коэффициент вариации более 25%).

II группа «Уравновешенные (сбалансированные) экспортеры». При тех же показателях вывоза потенциала, коэффициент вариации варьируется от 10 до 25% (умеренная степень риска).

III группа «Стабильные экспортеры». Регионы данной группы характеризуются высокими темпами вывоза потенциала и отличается низкой степенью колеблемости данного показателя.

IV группа «Пассивные экспортеры». Регионы данной группы отличаются малыми объемами вывоза потенциала (меньше среднего значение в целом по Приволжскому федеральному округу) и высокой степенью колеблемости данного показателя.

V группа «Умеренно-пассивные экспортеры». Включает в себя регионы с низким уровнем вывоза потенциала и умеренным уровнем риска.

VI группа «Консервативные экспортеры». Характеризуется низким уровнем колеблемости и малыми объемами вывоза потенциала.

После ранжирования регионов по уровню риска и величине ввоза инновационного потенциала мы получили следующую матрицу (рис. 2).

По показателю вывоза инвестиционного потенциала большинство регионов имеют высокую степень колеблемости (рис. 3).

Таким образом, среди регионов Приволжского федерального округа в целом по всем рассмотренным элементам воспроизводственного потенциала мы можем выделить субъекты со стабильными потоками ввоза и вывоза потенциалов (например, Республики Татарстан и Башкортостан), причем у данных регионов практически, всегда ввоз потенциала максимален, а также можем выделить регионы со значительной колеблемостью данных показателей (например, Пермский край, Оренбургская, Кировская области и др.). В некоторых случаях наблюдается слишком высокая величина коэффициента вариации (например, вывоз инновационного потенциала из Чувашской Республики – 244,95% или ввоз инновационного потенциала в Оренбургскую область – 138,41%). Причиной этому является следующее: в данных регионах и подобных им наблюдаются очень малые объемы импорта-экспорта потенциалов (в некоторые периоды они равны нулю) и при малейшем изменении данного показателя коэффициент вариации показывает значительные отклонения от среднего значения. К примеру, у Чувашской Республики наблюдался вывоз инновационного потенциала только в 2007 г., в остальные периоды данный показатель был равен нулю. Соответственно, коэффициент вариации покажет значительное отклонение от среднего значения (244,95%).

I	II	III
Нижегородская область Самарская область Саратовская область Пермский край	Республика Татарстан Республика Башкортостан	–
IV	V	VI
Кировская область Оренбургская область Удмуртская республика Ульяновская область Чувашская республика	Республика Марий Эл Республика Мордовия Пензенская область	–

Рис. 2. Распределение регионов Приволжского федерального округа по степени колеблемости величины ввоза инновационного потенциала

I	II	III
Республика Татарстан Нижегородская область Пермский край Самарская область	–	–
IV	V	VI
Республика Башкортостан Кировская область Оренбургская область Саратовская область Удмуртская республика Ульяновская область Чувашская республика	–	Республика Марий Эл Республика Мордовия Пензенская область

Рис. 3. Распределение регионов Приволжского федерального округа по степени колеблемости величины вывоза инновационного потенциала

Итак, связь регионального риска с движением воспроизводственного потенциала проявляется в том, что колебания в процессах межрегионального перелива различных его элементов могут привести к недостаточному воспроизводству необходимых ресурсов и факторов в регионе, избыточному наращению одного элемента воспроизводственного потенциала и слабому наращению другого, что, в свою очередь, отрицательно скажется на величине совокупного воспроизводственного потенциала, приведет к его структурной «рассинхронизации» и, в конечном итоге, окажет негативное влияние на воспроизводство регионального продукта. Поэтому, на наш взгляд, при разработке общей схемы управления трансграничным движением элементов воспроизводственного потенциала данному фактору следует уделить самое пристальное внимание. Таким образом, основной нашей рекомендаций является необходимость поддержания потоков ввоза и вывоза потенциалов на относительно стабильном уровне, причем, импорт должен стремится к максимуму, а экспорт, наоборот, к минимуму, так как именно такое управление, ориентированное на наращение воспроизводственного потенциала, направлено на достижение долгосрочного качественного экономического роста.

Левченко А. С., аспирант,
Рудычев А. А., д-р экон. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БЕЛГОРОДСТРОЙДЕТАЛЬ»

aleksandr08.03.1988@rambler.ru

Для оценки деловой активности используют определенное количество показателей и методик оценки. Состав показателей можно рассмотреть в два уровня. Сформирована система показателей в связи с развитием рыночных отношений, обоснована и апробирована на существующей методики оценке деловой активности на одном из лидеров промышленности Белгородской области ОАО «Белгородстройдеталь». Получены результаты, сформулированы рекомендации и предложена методика по повышению комплексного показателя оценки деловой активности.

Ключевые слова: *показатель, деловая активность, система, рыночные отношения, перспективные показатели, текущие показатели, абсолютные показатели, относительные показатели, выручка, чистая прибыль, оборотные активы, внеоборотные активы, рентабельность производства, рентабельность активов, коэффициент оборачиваемости, золотое правило экономики предприятия.*

Деловая активность выражается в эффективности использования ресурсов, при этом является комплексной и динамичной характеристикой предпринимательской деятельности. Деловая активность предприятий является одним из центральных факторов эффективности рыночной экономики, актуальность данной тематики не вызывает сомнений. Критерии её оценки нередко сводятся в литературе к характеристике финансового состояния предприятий. Уровни деловой активности конкретной организации отражают этапы ее жизнедеятельности (зарождение, развитие, подъем, спад, кризис, депрессия) и показывают степень адаптации к быстроменяющимся рыночным условиям, качество управления. [4]

При исследовании деловой активности предприятия рассматривается воздействие нескольких видов конъюнктуры: мирового хозяйства, экономики национального, регионального, отраслевого уровня (промышленное предприятие).

Целью данного исследования является определение и систематизация показателей деловой активности, обоснование методики оценки деловой активности на примере ОАО «Белгородстройдеталь».

В результате исследования и ознакомления с учениями отечественных и зарубежных авторов можно выделить как «аксиому», так как каждый ученый при оценке деловой активности использует количественные показатели (натуральные и стоимостные) и качественные критерии. Расчеты на количественном уровне определяются на основе финансовой и статистической отчетности, а качественные критерии носят рекомендательный характер, определяются с помощью бухгалтерского баланса и отчета о прибылях и убытках одного из лидеров Белгородской области по производству и сбыту строительных материалов ОАО «Белгородстройдеталь». Для простоты обозначения будем использовать аббревиатуру ОАО «БСД» (рис. 1). [5]

Основополагающее влияние на деловую активность хозяйствующих субъектов оказывают макроэкономические факторы, под воздействием которых может формироваться либо благоприятный «предпринимательский климат», стимулирующий условия для активного поведения субъекта, либо наоборот – предпосылки к свертыванию и затуханию деловой активности. Немаловажным по значимости являются факторы внутреннего характера, регулируемые внутри хозяйствующего субъекта: совершенствование оказываемой работы по основному виду деятельности, повышение значимости в области топ менеджмента, бизнеса и планирования, дополнительные исследования консалтинговых компаний в области маркетинга и инновационной активности, промо-акции и т.д. [6]

Значение анализа деловой активности заключается в формировании экономически обоснованной оценки эффективности и интенсивности использования ресурсов организации и в выявлении резервов их повышения.

В ходе анализа решаются следующие задачи:

- исследование и влияние оценки деловой активности на результирующие показатели деятельности ОАО «БСД»;
- исследование влияния основных факторов, обусловивших изменение показателей де-

ловой активности и расчет величины их конкретного значимого статуса;

- подведение итогов анализа, разработка комплексных рекомендаций позитивного изменения показателей характеризующих деловую активность вовлечению в оборот выявленных резервов имеющих рекомендательный характер (перспективные).

Качественными критериями являются: широта рынков сбыта (внутренних, внешних), деловая репутация организации и её клиентов, конкурентоспособность товара (рис.2.) [4].

Количественная оценка даётся по двум направлениям:

1. исследование динамики и соотношения темпов роста абсолютных показателей: основных оценочных показателей деятельности организации (выручка и прибыль) и средняя величина активов;

2. изучение значений и динамики относительных показателей, характеризующих уровень эффективности использования авансированных и потребленных ресурсов организации.

Бухгалтерский баланс
на 31 Декабря 2011 г.

		Коды		
	Форма по ОКУД	0710001		
	Дата (число, месяц, год)	31	12	2011
Организация Открытое акционерное общество "Белгородстройдеталь"	по ОКПО	01216452		
Идентификационный номер налогоплательщика	ИНН	3124013505/312350001		
Вид экономической деятельности Промышленность	по ОКВЭД	26.61		
Организационно-правовая форма ОАО / форма собственности	по ОКОПФ / ОКФС	47	16	
Единица измерения: тыс руб	по ОКЕИ	384		

Местонахождение (адрес) 308002, г. Белгород, ул. Мичурина, 104

Пояснения	Наименование показателя	Код	На 31 Декабря 2011 г.	На 31 Декабря 2010 г.	На 31 Декабря 2009 г.
	АКТИВ				
	I. ВНЕОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ				
	Итого по разделу I	1100	185824	180967	176345
	II. ОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ				
	Итого по разделу II	1200	305147	269541	287081
	БАЛАНС	1600	490971	450508	463426

Форма 0710001 с.2

Пояснения	Наименование показателя	Код	На 31 Декабря 2011 г.	На 31 Декабря 2010 г.	На 31 Декабря 2009 г.
	ПАССИВ				
	III. КАПИТАЛ И РЕЗЕРВЫ				
	Итого по разделу III	1300	460764	430571	440665
	IV. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА				
	Итого по разделу IV	1400	-	-	-
	V. КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА				
	Итого по разделу V	1500	30207	19937	22761
	БАЛАНС	1700	490971	450508	463426

Руководитель _____ (подпись) Анатолий Борисович (расшифровка подписи) бухгалтер _____ (подпись) Елена Николаевна (расшифровка подписи)

26 Марта 2012 г.

Отчет о прибылях и убытках
за период с 1 Января по 31 Декабря 2011 г.

		Коды		
	Форма по ОКУД	0710002		
	Дата (число, месяц, год)	31	12	2011
Организация Открытое акционерное общество "Белгородстройдеталь"	по ОКПО	01216452		
Идентификационный номер налогоплательщика	ИНН	3124013505/312350001		
Вид экономической деятельности Промышленность	по ОКВЭД	26.61		
Организационно-правовая форма ОАО / форма собственности	по ОКОПФ / ОКФС	47	16	
Единица измерения: тыс. руб.	по ОКЕИ	384		

Пояснения	Наименование показателя	Код	За Январь - Декабрь 2011 г.	За Январь - Декабрь 2010 г.
	Выручка	2110	502031	348922
6	Себестоимость продаж	2120	(434438)	(333283)
	Валовая прибыль (убыток)	2100	67593	15639
6	Коммерческие расходы	2210	(1618)	(1538)
	Прибыль (убыток) от продаж	2200	65975	14101
	Прибыль (убыток) до налогообложения	2300	49864	4167
	Чистая прибыль (убыток)	2400	36185	(2350)

Рис.1. Бухгалтерский баланс, Отчет о прибылях и убытках за 31 декабря 2011 г.

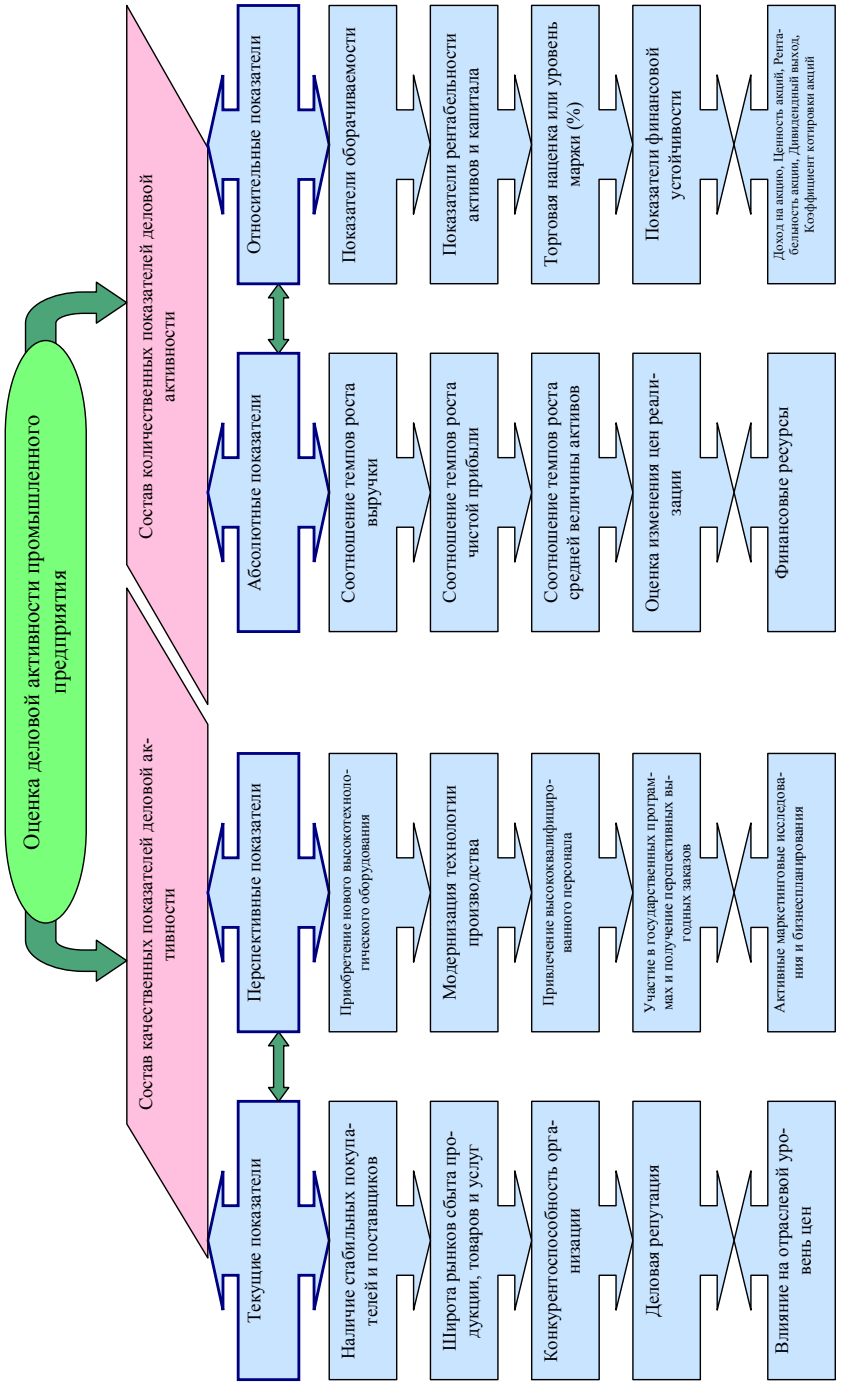


Рис. 2. Состав показателей, участвующих в оценки деловой активности промышленного предприятия

Для выявления оптимального соотношения между абсолютными показателями, характеризующие деловую активность, необходимо соизмерить ***золотое правило экономики предприятия.*** [11,12]

$$ТрЧП > ТрВ > ТрА > 100\%; \quad (1)$$

где ТрЧП – темп роста чистой прибыли; ТрВ – темп роста выручки; ТрА – темп роста средней величины активов.

-1539,79 > 143,88 > 108,98 > 100%;; ОАО «БСД»

Выполнение первого соотношения (чистая прибыль растет опережающим темпом по сравнению с выручкой) означает повышение рентабельности производства ($Р_п$):

$$Р_п = ЧП / В * 100; \quad (2)$$

7,21=36185/502031*100; ОАО «БСД»

Выполнение второго соотношения (выручка растет опережающим темпом по сравнению с активами) означает ускорение оборачиваемости активов (Оа):

$$Оа = В / А_{ср} * 100; \quad (3)$$

106,65=502031/470739,5*100; ОАО «БСД»

Опережающие темпы увеличения чистой прибыли по сравнению с увеличением активов ($ТР_{ЧП} > ТР_А$) означают повышение чистой рентабельности активов ($Ч_{ра}$):

$$Ч_{ра}=ЧП / А_{ср} * 100; \quad (4)$$

7,69=36185/470739,5*100; ОАО «БСД»

Выполнение последнего неравенства (увеличение средней величины активов в динамике) означает расширение имущественного потенциала. Однако его исполнение необходимо обеспечить лишь в долгосрочной перспективе. В краткосрочной перспективе (в пределах года) допустимо отклонение от этого соотношения, если, например, оно вызвано уменьшением дебиторской задолженности или оптимизацией внеоборотных активов и запасов. [11]

Относительные показатели деловой активности характеризуют уровень эффективности использования ресурсов организации, который оценивается с помощью показателей оборачиваемости отдельных видов имущества и его общей величины и рентабельности средств организации и их источников.

В общем случае оборачиваемость средств, вложенных в имущество, оценивается следующими основными показателями: скорость оборота (количество оборотов, которое совершают за анализируемый период капитал предприятия или его составляющие) и период оборота – средний срок, за который совершается один оборот средств. [12]

Чем быстрее оборачиваются средства, тем больше продукции производит и продает организация при той же сумме капитала. Таким образом, основным эффектом ускорения оборачиваемости является увеличение продаж без дополнительного привлечения финансовых ресурсов. Кроме того, так как после завершения оборота капитал возвращается с приращением в виде прибыли, ускорение оборачиваемости приводит к увеличению прибыли. С другой стороны, чем ниже скорость оборота активов, прежде всего, текущих (оборотных), тем больше потребность в финансировании. Внешнее финансирование является дорогостоящим и имеет определенные ограничительные условия. Собственные источники увеличения капитала ограничены, в первую очередь, возможностью получения необходимой прибыли. Таким образом, управляя оборачиваемостью активов, организация получает возможность в меньшей степени зависеть от внешних источников средств и повысить свою ликвидность.

Длительность нахождения средств в обороте определяется совокупным влиянием ряда разнонаправленных внешних и внутренних факторов. К числу первых следует отнести сферу деятельности предприятия, отраслевую принадлежность, масштабы предприятия и ряд других. Не меньшее воздействие на оборачиваемость активов оказывают экономическая ситуация в стране, сложившаяся система безналичных расчетов и связанные с ней условия хозяйствования предприятий. Так, инфляционные процессы, отсутствие налаженных хозяйственных связей с поставщиками и покупателями приводят к вынужденному накапливанию запасов, значительно замедляющему процесс оборота средств. [8]

Однако следует подчеркнуть, что период нахождения средств в обороте в значительной степени определяется внутренними условиями деятельности организации, и в первую очередь эффективностью стратегии управления его активами (или её отсутствием).

Показатели рентабельности являются относительными характеристиками финансовых результатов и эффективности деятельности предприятия. Они измеряют доходность предприятия с различных позиций и группируются в соответствии с интересами участников экономического процесса.

Относительные показатели, используемые при оценке деловой активности.

Заметим, что при расчете всех показателей используются средние величины активов и капитала, а не моментные данные. Средняя величина активов или капитала рассчитывается по формуле средней хронологической:

$$\bar{x} = \frac{1/2 * x_1 + x_2 + \ldots + x_{n-1} + 1/2 * x_n}{n-1}; \quad (5)$$

которая, при отсутствии внутригодовых данных и наличии только данных на начало и конец периода, преобразуется в формулу средней арифметической:

$$\bar{x} = \frac{1/2 * x_1 + 1/2 * x_2}{2-1} = 1/2 * (x_1 + x_2); \quad (6)$$

470739,5 = 1/2*(490971+450508); ОАО «БСД»

Таким образом, средняя величина активов и капитала может быть рассчитана как сумма данных на начало и конец периода, деленная на 2 (это означает, что для анализа динамики относительных показателей деловой активности аналитик должен иметь в распоряжении как минимум два баланса: за отчетный период и аналогичный период прошлого года).

С целью углубления анализа целесообразно рассмотреть взаимосвязь между показателями рентабельности активов, оборачиваемостью активов и чистой рентабельностью оборота, которая может быть представлена формулой, полученной на основе использования метода расширения исходной факторной системы:

$$Чра = \frac{ЧП}{\bar{A}} * 100 * \frac{B}{B} = \frac{ЧП}{B} * 100 * \frac{B}{\bar{A}} = \frac{Рп * Оа}{100}; \quad (7)$$

где $Ч_{ра}$ – чистая рентабельность активов; ЧП – чистая прибыль; $\bar{A}$ - средняя величина активов; В – выручка; $Р_п$ – рентабельность производства; $О_а$ – оборачиваемость активов.

$$7,69 = 36185/470739,5 * 100 * 502031/502031 = 36185/502031 * 100 * 502031/470739,5 = 7,21 * 106,65/100; \quad \text{ОАО «БСД»}$$

Из данной зависимости следует, что прибыль, получаемая с каждого рубля средств, вложенных в активы, зависит от скорости оборота средств и от доли чистой прибыли в выручке от продаж. Приемлемого значения рентабельности активов организация может достичь как за счет высокой рентабельности деятельности (продаж), так и за счет высокой оборачиваемости средств. Заметим, что для промышленных предприятий характерна первая ситуация, для торговых – вторая. [3]

В целях выявления резервов роста рентабельности активов можно преобразовать исходную формулу следующим образом:

$$Ч_{ра} = ЧП / А_{ср} * 100\% = ЧП / (ВА + ОбА) * 100\% = (ЧП / В) : (ВА / В + ОбА/В) * 100\% = Р_д : (Ф_ё + К_{зоа}); \quad (8)$$

где $Ф_ё$ – фондоемкость внеоборотных активов; $К_{зоа}$ – коэффициент закрепления оборотных активов.

7,69=36185/470739,5*100=36185/(185824+305147)*100%=(36185/502031):(185824/502031+305147/270294)*100%=7,21/(0,37+0,57); ОАО «БСД»

В данном случае использован метод сокращения исходной факторной системы, при помощи которого путем деления числителя и знаменателя на выручку от реализации осуществлен переход от объемных показателей к относительным величинам интенсивности.

Для определения факторов, влияющих на рентабельность собственного капитала, воспользуемся методом расширения факторной системы путем умножения числителя и знаменателя исходной факторной системы на выручку от реализации и среднюю величину активов:

$$Рск = \frac{ЧП}{\bar{СК}} * 100 * \frac{B}{B} * \frac{\bar{A}}{\bar{A}} = \frac{ЧП}{B} * 100 * \frac{B}{\bar{A}} * \frac{\bar{A}}{\bar{СК}} = \frac{Рп * Оа}{100} * \frac{\bar{A}}{\bar{СК}}; \quad (9)$$

$$5,05 = \frac{36185}{716225} * 100 * \frac{502031}{502031} * \frac{470739,5}{470739,5} = \frac{36185}{502031} * 100 * \frac{502031}{470739,5} * \frac{470739,5}{716225} = \frac{7,21 * 106,65}{100} * \frac{470739,5}{716225}; \quad \text{ОАО «БСД»}$$

Согласно представленной модели, рентабельность собственного капитала прямо пропорционально зависит от изменения рентабельности производства и оборачиваемости активов (заметим, что их произведение дает рентабельность активов) и обратно пропорционально – от изменения доли собственного капитала в общей сумме источников формирования имущества. [2]

На следующем этапе анализа следует установить влияние изменения объема и оборачиваемости оборотных активов на изменение объема продаж (в краткосрочном интервале именно этот вид активов определяет величину выручки). Расчет может быть проведен на основе использования приема абсолютных разниц:

$$B = \overline{ОбА} * О_{обА}; \quad \text{ОАО «БСД»} \quad (10)$$

$$\Delta B(\overline{ОбА}) = \Delta\overline{ОбА} * О_{обА}; \quad (11)$$

где В – выручка; $\overline{ОбА}$ - средняя величина оборотных активов; $О_{обА}$ – оборачиваемость оборотных активов.

502031= 439917,5*1,14; ОАО «БСД» (10)

153109(439917,5) = 9033*1,14; ОАО «БСД»(11)

С целью количественного измерения влияния изменения оборачиваемости оборотных активов на финансовое положение (размер используемого в обороте капитала) следует исчислить сумму дополнительно вовлеченных в оборот (высвобожденных из оборота) средств в связи с изменением оборачиваемости:

$$\Delta\overline{ОбА}(O_{ОбА}) = \overline{ОбА}_1 - \overline{ОбА}_0 * \frac{B_1}{B_0}; \qquad (13)$$

$$\Delta\overline{ОбА}(O_{ОбА}) = 287344 - 278311 * \frac{502031}{348922} = -113091 \qquad \text{ОАО «БСД»} \qquad (13)$$

При ускорении оборачиваемости оборотных активов происходит высвобождение средств (прежде всего, в виде краткосрочной задолженности) (величина со знаком «-» в вышеприведенной формуле), что позитивно сказывается на финансовом положении, снижая зависимость от внешних источников финансирования при относительно постоянном размере собственного капитала. Замедление оборачиваемости вызывает дополнительное вовлечение средств в оборот (величина со знаком «+») и оказывает на финансовое положение негативное влияние. [1]

В целом следует отметить, что по результатам исследования происходит:

1. снижение эффективности использования вложенного капитала (характеризуемой показателями рентабельности);

2. несущественное повышение интенсивности использования активов (характеризуемой показателями оборачиваемости);

3. недостаточно высокие показатели рентабельности активов и собственного капитала при приемлемых значениях показателей оборачиваемости.

Все это позволяет сделать вывод о недостаточно высокой деловой активности и снижении ее уровня в динамике. Основными направлениями разработки мероприятий по повышению деловой активности должны стать:

1. повышение эффективности использования материальных, трудовых и денежных ресурсов. В современных же условиях надо использовать для наращивания рентабельности не только традиционные пути, но и новые, открытые в ходе рыночных преобразований, приватизации. Среди них основными являются:

- формирование коммерческого ассортимента с учетом рентабельности товаров;
- использование возможностей рисковой деятельности;
- инновационная политика;
- оптимальные масштабы предприятия;
- использование возможностей меняющейся конъюнктуры рынка;
- выгодное размещение денежных ресурсов и др. [10, с.94]
- предварительный и оперативный контроль над формированием издержек;
- бюджетирование расходов и денежных оттоков и притоков и др.

2. ускорение оборачиваемости активов с целью усиления положительного влияния эффективности производства, в частности трудовых, материальных, денежных ресурсов. А эффективность использования оборотных активов зависит, прежде всего от умения управлять ими, улучшать организацию производства и сбыта, повышать уровень коммерческой и финансовой деятельности ОАО «Белгородстройдеталь». [12] Чтобы ускорить оборачиваемость, необходимо:

- совершенствовать производство и сбыт, нормализовать размещение оборотных средств: для повышения экономической эффективности производства, и сбыта продукции необходимо интенсивнее использовать созданный производственный потенциал, добиваться ритмичности производства и сбыта продукции;
- полностью и ритмично выполнять планы хозяйственной деятельности;
- совершенствовать организацию производства и сбыта, внедрять прогрессивные формы и методы: разработка плана поставки, плана реализации, контроль над выполнением указанных планов по срокам, получение продукции от цехов, организации отгрузки и другие функции;
- совершенствовать расчеты с поставщиками и покупателями;
- улучшать претензионную работу;
- ускорять оборот денежных средств за счет улучшения инкассации выручки, строгого лимитирования остатков денежных средств в кассах предприятия, в пути, на расчетном счете в банке;
- свести к минимуму запасы хозяйственных материалов, малоценных и быстроизнашивающихся предметов, инвентаря, спецодежды на складе, сократить подотчетные суммы, расходы будущих периодов;

- не допускать роста дебиторской задолженности.

3. анализируя предложенный вариант, появляется возможность вжиться «инновационную» сторону деловой активности, которая позволит олицетворить инновационную активность персонала в разработке новых продуктов, технологических процессов, систему продажи продукции и оказания услуг. В этой связи, на наш взгляд, необходимо выделить ряд составляющих, реализация которых, с учетом потребностей и особенностей конкретного промышленного предприятия, позволит повысить результативность инновационной деятельности на стадии создания инноваций:

- согласование направлений проведения инноваций со стратегическими планами предприятия;
- организация взаимодействия различных служб предприятия на начальных этапах проведения инновационного исследования;
- использование методов прогнозирования для постановки целей на стадии проведения инновационного исследования;
- периодическая оценка и отбор проектов на как можно более ранних этапах;
- анализ, подбор и активная работа с персоналом, занимающиеся инновационной активностью;
- использование различных видов стимулирования для повышения результативности стадии проведения исследований. [9]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гиляровской, Л.Т. Экономический анализ: учебник для вузов 4-е изд., доп. / Л.Т. Гиляровской. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 615 с.

2. Донцова, Л.В. Комплексный анализ финансовой отчетности : 6-е изд., перераб. и доп. / Л.В. Донцова, Н.А. Никифорова. - М.: Издательство «Дело и Сервис», 2011. - 304 с.

3. Ковалев, В.В. Финансовый анализ: методы и процедуры : учебник / В.В. Ковалев. - М.: Изд-во Финансы и статистика, 2003. - 560 с.

4. Левченко, А.С. Оценка деловой активности / А.С. Левченко, А.А. Рудычев // Место и роль студенческой молодежи в ускорении социально-экономического развития Украины, Харьков 25 фев. 2011 г. / Харьковский торгово-экономический университет. – Харьков: Изд-во КНТЭУ, 2011. - С. 64-66.

5. ОАО «Белгородстройдеталь»: железобетонные изделия производство и продажа в г. Белгород // Официальный сайт — 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://www.bsdbel.ru/ (дата обращения 07.01.2013).

6. Проблемы реформирования системы управления промышленным предприятием в условиях нестабильности внешней среды: монография / А.А. Рудычев, Е.Н. Чижова, В.В. Борачук. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 183 с.

7. Рудычев, А.А. Экономика предприятия: Учебное пособие / А.А. Рудычев, А.М. Адамчук, Д.Е. Баркин. – Губкин: ООО «Айкью», 2012. – 414 с.– ISBN 978-5-905405-11-2

8. Селезнева, Н.Н. Анализ финансовой отчетности организации : Учеб. пособие для студентов вузов по специальности "Бухгалтерский учет, анализ и аудит, слушателей курсов по подготовке и переподготовке бухгалтеров и аудиторов. / Н.Н. Селезнева, А.Ф. Ионова. - М.: Изд-во ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 583 с.

9. Сорокин, А. В. Резервы повышения эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий : дис. … канд. экон. наук : 08. 00. 05 : защищена 20. 12. 05 / Вишняков Илья Владимирович. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 162 с. – К.002.009.01

10. Хоскинг, А. Курс предпринимательства: Практическое пособие. пер. с англ. / А. Хоскинг. – М.: Изд-во «Международные Отношения», 2004. – 540 с.

11. Шеремет, А.Д. Методика финансового анализа : учебник / А.Д. Шеремет, Р.С. Сайфулин. - М.: Изд-во ИНФРА-М, 2006. – 176 с.

12. Экономика предприятия промышленности строительных материалов : учеб. пособие / под ред. Проф., д-ра экон. наук А.А. Рудычева, проф., д-ра экон. наук Ю.А. Дорошенко, проф., канд. экон. наук В.В. Выборновой. – 2-е изд., перераб. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 456 с. – ISBN 978-5-361-00082-1

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ломаченко Д. В., канд. техн. наук, ст. преп.,
Шаповалов Н. А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ ШЛАМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ*

dsubwayl@yandex.ru

В работе изучено влияние отходов горнообогатительных производств при использовании их в качестве частичной замены сырьевым материалам. Установлены взаимосвязи между реологическими характеристиками получаемых шламов и влиянием отходов горнообогатительных производств на текучесть суспензий.

Ключевые слова: *реологические свойства, цементный шлам, отходы горнообогатительных производств.*

В настоящее время количество производимого цемента в Российской Федерации составляет порядка 50 млн. т. При этом потребности предприятий в сырье могут доходить до нескольких сотен млн. т. Довольно значительная часть этого объема может быть удовлетворена при вторичном использовании промышленных отходов[1]. Одним из таких отходов могут служить отходы горнообогатительных производств [2].

Использование таких отходов целесообразно как с точки зрения экономии сырьевых ресурсов, так и улучшения экологической ситуации, а также повышения показателей экономической эффективности[3].

Помимо вторичного использования техногенного сырья для повышения эффективности производств в промышленности строительных материалов используются различные добавки, модифицирующие реологические свойства суспензий. С их помощью достигаются необходимые показатели влажности и растекаемости получаемых цементных шламов, что в свою очередь ведет к оптимизации процессов обжига при получении портландцементного клинкера [4].

В работе оценивалось влияние отходов горнообогатительной промышленности при замене на них части железистого и глинистого компонента при получении сырьевого шлама для изготовления портландцемента. В качестве карбонатного сырья использовался мел белгородского месторождения, глина шебекинского месторождения, пиритные огарки и отходы мокрой магнитной сепарации Стойленского ГОК.

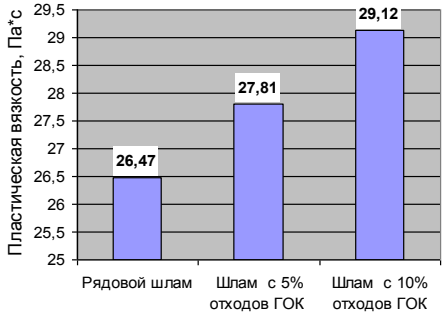
Помол отходов мокрой магнитной сепарации производился до значений удельной поверхности, сопоставимой со значениями карбонатного и глинистого компонентов. После чего рассчитывалось количество воды, необходимое для получения исходной влажности значением 38,5%, и затем производилось измерение реологических характеристик. Также оценивалось изменение реологических свойств суспензий при введении добавки-разжижителя на основе полиметиленнафталинсульфонатов в количестве 0,06% масс.

Оценка реологических свойств суспензий показала, что являются типичными вязкопластичными суспензиями с достаточно высокими значениями предельного динамического напряжения сдвига, а также зависимостью эффективной вязкости от скорости деформации, присущей для сильно структурированных дисперсий [5]. Уравнения Бингама-Шведова и Оствальда достаточно хорошо описывают течение изучаемых дисперсных систем. Исходя из реологических кривых для шламов с добавками, определялась зависимость пластической вязкости и предельного динамического напряжения сдвига от концентрации (рис. 1).

Исходя из данных представленных на рисунках, можно сделать вывод о том, что при добавлении отходов горнообогатительных производств значения вязкости составляют большую величину по сравнению с рядовым шламом. При этом увеличение доли отходов ММС, приводит к незначительному увеличению вязкости полученного шлама. Значения предельного динамического напряжения сдвига при этом практически не меняются при замене части глинистого и карбонатного компонентов на отходы мокрой магнитной сепарации Стойленского ГОК. В дальнейшем в полученные суспензии добавлялся разжижитель в количестве 0,06% масс. на основе полиметиленнафталинсульфонатов.

Использование добавки-разжижителя показало, что вязкость при его применении значительно снижается. Кроме этого значительно снижается значение предельного динамического напряжения сдвига, которое отвечает за взаимодействие между частицами. При этом суспензии с разжижителем показывают практически сходные результаты, как по значениям пластической вязкости, так и по значениям τ_0. При этом с введением разжижителя вязкость суспензии с 5% хвостов показывает меньшие значения вязкости, что может говорить об эффективности их использования.

а



б

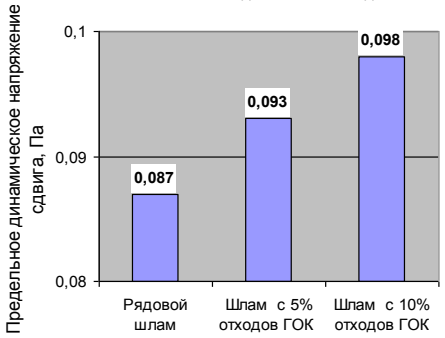


Рис. 1. Значения пластической вязкости (*а*) и предельного динамического напряжения сдвига (*б*) для суспензий

В дальнейшем производилась оценка растекаемости изучаемых суспензий с помощью текучестемера МХТИ. Результаты измерений суспензий с влажностью 38,5 % (табл. 1) показали, что при замене части глинистого и железистого компонента на отходы ММС Стойленского ГОКа обеспечиваются меньшие значения растекаемости шлама.

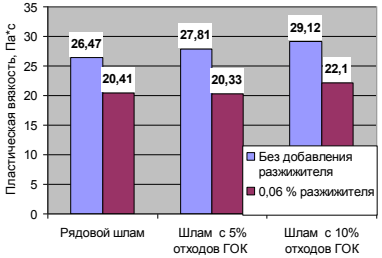


Рис. 2. Изменение пластической вязкости суспензий при введении разжижтеля на основе полиметиленнафталинсульфонатов

Таблица 1

Растекаемость шламов при постоянной влажности 38,5 %

Вид Шлама	Рядовой шлам	Шлам с 5% отходов ГОК	Шлам с 10% отходов ГОК
Растекаемость, мм	56	53	50

Введение в систему добавки-разжижителя значительно повышает текучесть шламов. При этом значения растекаемости существенно превышают необходимое технологическое значение (54 мм), при котором обеспечивается перекачивание шлама в шламбассейны. При этом значения растекаемости для трех суспензий (рядовой шлам, шлам с 5% отходов ММС, шлам с 10% отходов ММС) составляют равную величину. Далее при уменьшении влажности измерялась растекаемость полученных суспензий с использованием разжижителя (табл.2).

Из данных таблицы видно, что уменьшение влажности в суспензиях приводит к уменьшению их растекаемости, однако растекаемость суспензии с 5% отходами ММС изменяется не так значительно по сравнению с двумя другими суспензиями. При этом использование разжижителя позволяет уменьшить значения влажности для исследуемых шламов на 1,5-2 % при условии растекаемости для указанных шламов в пределах 53-54 мм. А для суспензии с 5% отходами ММС, которые заменяют часть глинистого и железистого компонента, снижение влажности может составлять 3%.

Таким образом, замена части глинистого и железистого компонента на отходы мокрой магнитной сепарации Стойленского ГОК позволяет получить схожие характеристики шлама, а при

введении добавки-разжижителя получать суспензии с более эффективными реологическими характеристиками и большей растекаемостью.

Таблица 2

Растекаемость суспензий (мм) при введении разжижителя в количестве 0,06% масс при изменении влажности

Вид Шлама	W, %	Рядовой шлам	Шлам с 5% отходов ГОК	Шлам с 10% отходов ГОК
Растекаемость, мм	38,5	69	66	62
	37,5	65	64	58
	37,0	61	61	55
	36,5	57	59	53
	36,0	53	57	49
	35,5	49	54	47

* *Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 гг.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. Рахимбаев Ш.М. Некоторые вопросы снижения энерго- и материалоемкости, повышения качества строительных материалов / Ш.М. Рахимбаев, Т.В. Аниканова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2007 - №1. С. 23-25.

3. Классен В.К. 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

4. Борисов И.Н. Энерго- и ресурсосбережение в производстве цемента при комплексном использовании техногенных материалов / И.Н. Борисов, В.Е. Мануйлов// ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси, 2009. - №6. - С. 50-58

5. Ломаченко Д.В. Диспергация цементного клинкера при помоле с новой органической добавкой / Д.В. Ломаченко, Н.П. Кудеярова, В.А. Ломаченко // Строительные материалы, 2009. - №7. С. 62-63.

Панасенко В. В., аспирант,
Гринь Г. И., д-р техн. наук, проф.,
Мазунин С. А., д-р хим. наук, проф.,
Кузнецов П. В., канд. техн. наук, доц.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ОТГОНКИ ДИЭТИЛАМИНА ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ

panasenkovv@i.ua

На основании результатов экспериментальных исследований установлено, что содержание $(C_2H_5)_2NH$ в растворе от времени отгонки может быть вычислено без учета влияния давления по уравнению, соответствующему кинетике первого порядка. Определено, что скорость процесса отгонки при уменьшении давления до 7,999 кПа почти вдвое больше по сравнению с давлением более 21,331 кПа. Получена общая зависимость, связывающая количество испаряющейся воды от времени отгонки, содержания в растворе $(C_2H_5)_2NH$ и давления.

Ключевые слова: *технология, карбонат калия, отгонка, раствор, диэтиламин, хлорид кальция.*

ВВЕДЕНИЕ

Процесс отгонки $(C_2H_5)_2NH$ является неотъемлемой частью технологии карбоната калия. Однако данные о фазовых равновесиях для системы $CaCl_{2(р)} – (C_2H_5)_2NH_{(р)} – H_2O$ в литературе ограничены, а для небольших давлений отсутствуют вообще. Хотя подобные сведения представляют не только теоретический интерес, так как такая система – объект для исследования закономерностей процесса отгонки, она имеет еще и практическую значимость, необходимую для определения рациональных параметров дистилляции, разработки технологической схемы процесса регенерации $(C_2H_5)_2NH$ и во многом предопределяют безвозвратные потери дорогостоящего реагента и расход водяного пара. Из литературы известны предложения по осуществлению регенерации аминов из их хлоридов, используя для этой цели гидроксид кальция как один из самых недорогих и эффективных реагентов [1 – 6]. Для этого необходимо знать направленность реакции

$$Ca(OH)_{2(р)} + 2(C_2H_5)_2NH_2Cl_{(р)} = CaCl_{2(р)} + 2(C_2H_5)_2NH_{(р)} + 2H_2O_{(ж)} \quad (1)$$

и возможность наиболее полной отгонки $(C_2H_5)_2NH$ для возврата его в технологический цикл аналогично тому, как это происходит в замкнутом цикле использования аммиака в производстве кальцинированной соды. Согласно термодинамическим данным [7] реакция (1) обратима и протекает с заметной скоростью уже при стандартной температуре 298,15 K и давлении 101,32 кПа. По данным исследований авторов [8, 9] важную роль в процессе отгонки играет давление. Так, при уменьшении давления от 101,32 до 48,64 кПа увеличение содержания хлорида кальция в жидкой фазе приводит к увеличению содержания $(C_2H_5)_2NH$ в паре при одних и тех же температурах. Поэтому представляет интерес изучение процесса отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из водных растворов хлорида кальция при давлениях 47,996, 21,331 и 7,999 кПа, что и стало целью и заданием настоящих исследований.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Процесс отгонки $(C_2H_5)_2NH$ из исходного водного раствора, содержащего массовую долю $CaCl_2$ – 20 % и $(C_2H_5)_2NH$ – 5 % осуществляли методом однократного испарения [9, 10]. В отобранной пробе определяли содержание $(C_2H_5)_2NH$ методом отгонки по Кьельдалю, содержание иона кальция устанавливали трилонометрическим методом, содержание иона хлора определяли аргентометрически с использованием блока автоматического титрования *БАТ-15*. Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики, регрессионного анализа [11, 12] с помощью пакета прикладных программ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В качестве исходных данных для анализа брали показатели экспериментальных замеров: время от начала опыта, мин; давление над раствором, кПа; температура раствора, ºС; содержание $CaCl_2$ и соответственно – $(C_2H_5)_2NH$, %.

Как видно из таблицы и рис. 1 при увеличении содержания хлорида кальция в растворе более 27 – 28 % температура раствора медленно начинает возрастать. Из зависимостей для всех трех различных значений давления надо полагать, что температура раствора не возрастает до тех пор, пока содержание хлорида кальция не увеличится больше определенного значения, что указывает на физический процесс отгонки до данной концентрации. Следует отметить, что для всех случаев молекулярное соотношение между водой и безводным хлоридом кальция,

при котором начинает обнаруживаться рост температуры, составляет 15:1.

Таблица 1

Результаты кинетических исследований отгонки диэтиламина из водного раствора хлорида кальция

Время, мин	Давление над раствором, кПа								
	47,996			21,331			7,999		
	Температура раствора, °С	Массовая доля компонента, %		Температура раствора, °С	Массовая доля компонента, %		Температура раствора, °С	Массовая доля компонента, %	
		$(C_2H_5)_2NH$	$CaCl_2$		$(C_2H_5)_2NH$	$CaCl_2$		$(C_2H_5)_2NH$	$CaCl_2$
5	83,0	0,750	20,96	64,0	1,290	20,83	44,0	0,889	20,88
10	86,0	0,145	21,37	67,0	0,515	21,38	48,0	0,708	21,72
15	86,5	0,107	23,45	67,5	0,126	22,90	50,0	0,202	23,90
20	87,5	0,087	23,80	70,0	0,074	24,60	50,5	0,190	27,06
30	88,0	0,077	25,73	71,0	0,069	26,25	52,0	0,093	29,29
40	89,0	0,041	28,08	72,0	0,059	30,55	56,0	0,087	30,40

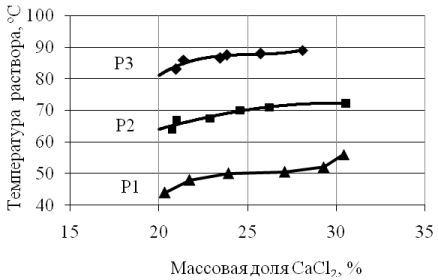


Рис. 1. Зависимости температуры раствора от содержания хлорида кальция
Обозначения: Р1 – 47,996 кПа; Р2 – 21,331 кПа; Р3 – 7,999 кПа

Как вывод, можно предположить, что при молекулярном соотношении H_2O и $(C_2H_5)_2NH$ около (12 – 15):1, вода находится в связанном состоянии, образуя что-то вроде жидкого кристаллогидрата $CaCl_2 \cdot 12H_2O$, разрушение которого требует больших затрат энергии а, следовательно, и температур. Более же низкая температура соответствует более высокой концентрации $(C_2H_5)_2NH$.

Зависимость температуры раствора от содержания хлорида кальция имеет нелинейный характер от давления и может быть описана с точностью до 1 – 2 °С для горизонтального температурного участка (рис. 2) в виде логарифмической функции $t_p = 20{,}59 \cdot \ln(P) + 0{,}034$, где: t_p – температура раствора, °С; P – давление, кПа. Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}995$.

Поскольку данная система является трехкомпонентной, для ее описания достаточно знать закономерности изменения двух компонентов. При этом масса хлорида кальция в системе не изменяется (он остается в растворе).

Содержание хлорида кальция в растворе не может рассматриваться в качестве кинетического показателя, поскольку он является вторичным, хотя и должен приниматься во внимание как возможный влияющий параметр.

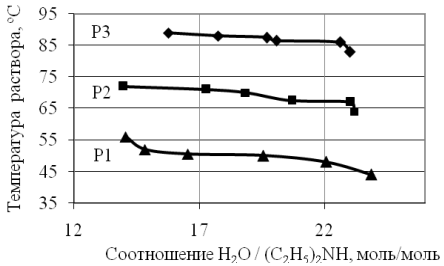


Рис. 2. Зависимости температуры раствора от молекулярного соотношения между H_2O и $(C_2H_5)_2NH$

Таким образом, кинетика процесса может быть представлена кинетикой изменения количеств H_2O и $(C_2H_5)_2NH$. В качестве основного показателя для $(C_2H_5)_2NH$ может быть взято содержание $(C_2H_5)_2NH$ в растворе ($C_{ДЭА}$). В качестве основного показателя для воды – количество испаренной воды.

Как видно из кинетических зависимостей для H_2O и $(C_2H_5)_2NH$ (рис. 3), между ними прослеживается четкая взаимная связь. До момента уменьшения содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе менее определенной величины процесс испарения воды по существу блокируется. Скорость испарения на начальном участке (до 15 мин) практически не зависит от давления. В то же время уменьшение давления значительно увеличивает скорость испарения воды при небольших содержаниях $(C_2H_5)_2NH$ в растворе.

Для технологических расчетов содержание $(C_2H_5)_2NH$ от времени отгонки (рис.4) может быть вычислено без учета влияния давления по уравнению, соответствующему кинетике первого порядка:

$$C_{ДЭА} = 5{,}12 \exp(-\tau/3{,}15). \quad (2)$$

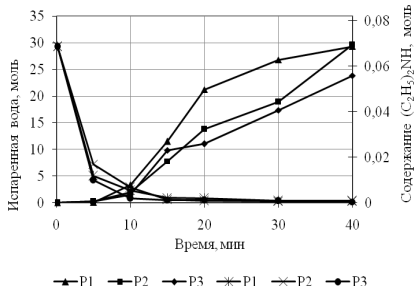


Рис. 3. Кинетические зависимости для испаренной воды и содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе

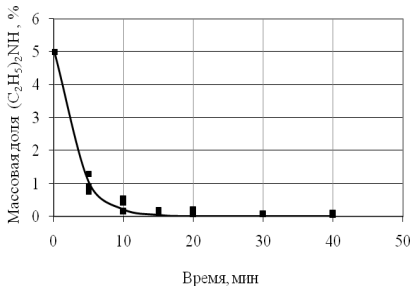


Рис. 4. Зависимость содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе от времени отгонки

Однако более детальное изучение данных позволяет найти отличия между кинетическими зависимостями для различных давлений, что особенно хорошо видно при использовании не содержания $(C_2H_5)_2NH$, а ее логарифма (рис. 5).

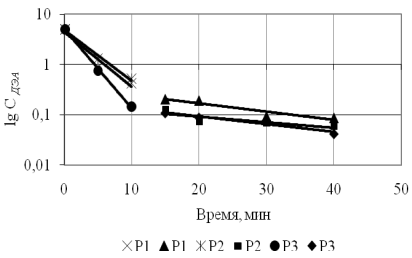


Рис. 5. Кинетическая зависимость содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе от времени отгонки в логарифмических координатах

Из рис. 5 четко видно разделение кинетических зависимостей на два участка – большой и малой скорости отгонки. Для первого участка (до 15 мин) кинетика имеет вид приведенной ранее зависимости (3). Для второго участка коэффициенты имеют другие величины:

$$C_{ДЭА} = 0{,}17 \exp(-\tau/31{,}2), \quad (3)$$

для Р1 = 47,996 и Р2 = 21,331 кПа;

$$C_{ДЭА} = 0{,}17 \exp(-\tau/31{,}2), \quad (4)$$

для Р3 = 7,999 кПа.

Отличия коэффициентов для небольших давлений являются статистически значимыми и свидетельствуют о почти вдвое большей скорости процесса отгонки при уменьшении давления до 7,999 кПа по сравнению с давлением более 21,331 кПа.

Для технологических расчетов более удобной будет общая зависимость для любых давлений (P), которая очень хорошо описывает все наблюдаемые значения для логарифма содержания $(C_2H_5)_2NH$ ($lg\ C_{ДЭА}$) и не имеет разрывов (рис. 6).

$$C_{ДЭА} = \left(C^0_{ДЭА} - C^{min}_{ДЭА}\right) \cdot \exp(-\tau/\tau_1) + C^{min}_{ДЭА} \cdot \exp(-\tau/\tau_1); \quad C^0_{ДЭА} = 5\%мас.;$$

$$C^{min}_{ДЭА} = 0{,}125 - \left(\frac{2{,}39}{P}\right)^2; \quad \tau_1 = 3{,}505 - \left(\frac{P}{44{,}47}\right)^2; \quad \tau_2 = 42{,}5.$$

Учитывая, что величина $C^{min}_{ДЭА}$ намного меньше начального содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе, общее уравнение может быть без внесения особой погрешности сокращено до вида

$$C_{ДЭА} = C^0_{ДЭА} \cdot \exp(-\tau/\tau_1) + C^{min}_{ДЭА} \cdot \exp(-\tau/\tau_1) \quad (5)$$

При этом коэффициент детерминации составляет $R^2 = 0{,}986$, а средняя квадратичная ошибка логарифма концентрации 0,03. Большая величина коэффициента детерминации (более 0,95) означает функциональную зависимость между переменными [11, 12].

Скорость испарения воды, как уже отмечалось ранее, зависит от содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе – ее уменьшение на 15-ой минуте приводит к резкому росту скорости испарения воды (рис. 7).

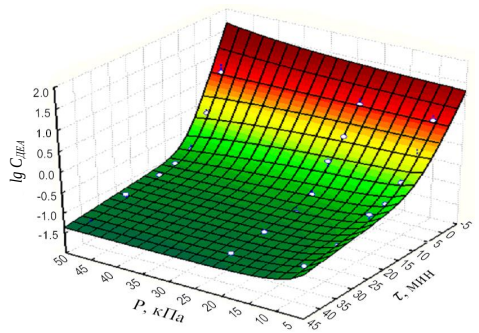


Рис. 6. Кинетические зависимости содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе от времени и давления отгонки

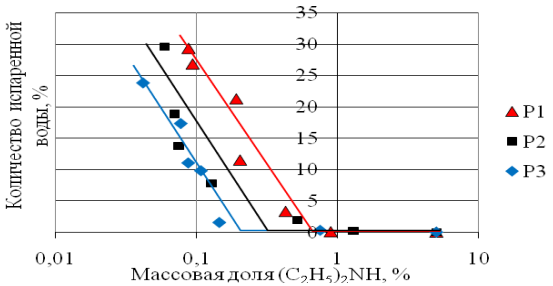


Рис. 7. Зависимость количества испаренной воды от содержания $(C_2H_5)_2NH$ в растворе и давления отгонки

Понимание этой закономерности позволило получить общее уравнение, связывающее количество испаренной воды (W) за определенный отрезок времени с содержанием $(C_2H_5)_2NH$ в растворе и давлением

$$W = \ln[e^{20,45-38,37(1-e^{\frac{-P}{6,79}})\cdot\ln\frac{0,1442-0,8640(1-e^{\frac{-P}{6,79}})}{C_{ДЭА}}} + 1]. \quad (6)$$

Учитывая, что уравнение (7) получено на основании лабораторных экспериментальных данных, соответствует результатам опытов в пределах ошибки измерения, его можно использовать для технологических расчетов и описания процесса отгонки на более укрупненном промышленном объекте.

Следует отметить, что для кинетики испарения воды уравнение не содержит в себе времени, что указывает на то, что количество испарившейся воды полностью определяется кинетикой испарения $(C_2H_5)_2NH$. При этом, учитывая, что содержание $(C_2H_5)_2NH$ зависит от времени, можно рассчитать количество испаренной воды, а соответственно и массовую долю хлорида кальция в растворе для любого отрезка времени (рис. 8).

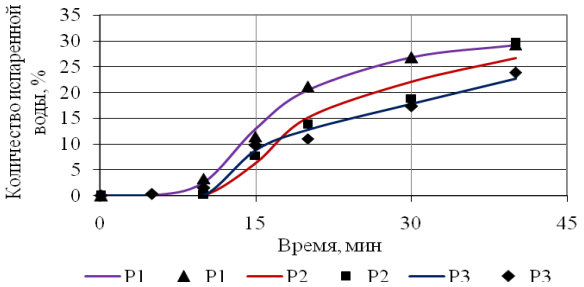


Рис. 8. Зависимость количества испаренной воды от времени и давления отгонки $(C_2H_5)_2NH$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальными исследованиями установлено, что при давлениях 47,996, 21,331 и 7,999 кПа температура раствора не возрастает до тех пор, пока содержание $CaC1_2$ не увеличится больше определенного значения (27 – 28 % мас.), что указывает на физический процесс отгонки $(C_2H_5)_2NH$ при данной концентрации.

Показано, что содержание $(C_2H_5)_2NH$ в растворе от времени отгонки может быть вычислено без учета влияния давления по уравнению, соответствующему кинетике первого порядка. Определено, что скорость процесса отгонки при уменьшении давления до 7,999 кПа почти вдвое больше по сравнению с давлением более 21,331 кПа.

На основании выявленных закономерностей получена общая зависимость, связывающая количество испаренной воды за определенный отрезок времени с содержанием $(C_2H_5)_2NH$ в растворе и давлением, которая может быть использована для технологических расчетов и описания процесса отгонки на более укрупненном промышленном объекте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Otrzymywanie potazu metoda aminowa z zastosowaniem dwuetyloaminy / T. Wasag, T. Wasag, U. Slewleleo, G. Poleszczuk // Przemysl chemiczny, 1974. – Vol. 53, N 2. – P. 94 – 97.

2. Ullmanis Enciuklopedie der technischen Chemie . – 1977. – 4. Band 13. – 717 p.

3. *Rant Z.* Die Erzeugung von Soda nach dem Solvau Verfahren / Z. Rant. – Sarajevo: Forschungsinstitut für Bergbau und Chem. Technol. – Tuzla, 1968. – 543 s.

4. *Яжембовская Я.* Возможности регенерации амина из фильтровой жидкости в содовом процессе / Я. Яжембовская // Международный симпозиум социалистических стран по содовой промышленности (Славянск / НИОХИМ, 1969). – Харьков, 1971. – С. 111 – 114.

5. *Wasag T.* Badania nad regeneracja dwuetyloaminy w aminowej methodize otrzymywania sodu. Rownowaga ciecz – para ukladu: $(C_2H_5)_2NH$ – $CaCl_2$ –NaC1 – H_2O / T. Wasag, M. Kurzawa // Prace naukowe Politechniki Szczecinskiej. № 86. Zastosowanie amin do produkcji weglanow alkalicznych. – Szczecin, 1977. – S. 19 – 29.

6. Растворимость в системе $KHCO_3$ – $(C_2H_5)_2NH_2Cl$ – H_2O при 30 °С / В.В. Панасенко, Г.И. Гринь, С.А. Мазунин, В.А. Панасенко // Журнал неорганической химии. – Москва, 2012. – Т. 57, № 2. – С. 330 – 333.

7. *Панасенко В.В.* Термодинамика химических реакций в технологии карбоната калия [Текст] / В.В. Панасенко, Г.И. Гринь, В.А. Лобойко, А.А. Лавренко, А.В. Кобзев // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків, 2012. – № 1. – С. 28 – 36.

8. Исследование процесса десорбции диэтиламина / В.А. Панасенко, С.А. Мазунин, Г.И. Гринь, А.А. Вайсброд, И.В. Бондаренко // Труды Международной научной конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье», 12 – 14 мая 1997 г. – Харьков: ХГПУ, 1997. – С.86 – 89.

9. *Панасенко В.А.* Равновесие жидкость – пар в системе вода – диэтиламин – хлорид кальция / В.А. Панасенко, С.А. Мазунин, Г.И. Гринь // Вестник Харьковского Государственного политехнического университета (ХГПУ). – Харьков: ХГПУ, 2000. – Вып. 105 – С. 76 – 79.

10. *Коган В.Б.* Равновесие между жидкостью и паром / В.Б. Коган, В.М. Фридман, В.В. Кафаров. – М. – Л.: Наука, 1966. – 1426 с.

11. *Румшинский Л.З.* Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

12. *Радченко С.Г.* Устойчивые методы оценивания статистических моделей : Монография. – Киев: ПП «Санспарель», 2005. – 504 с.

Гринь Г. И., д-р техн. наук, проф.,
Кузнецов П. В., канд. техн. наук
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Кошовец Н. В. канд. техн. наук.,
Пономарев В. А.
Частное акционерное общество «Северодонецкий ОРГХИМ»

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЙОДА ИЗ РАСТВОРОВ HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3 МЕТОДОМ ПРОДУВКИ ВОЗДУХОМ

gryn@kpi.kharkov.ua

Исследовано кинетику выделения молекулярного йода из растворов на основе концентрированной нитратной кислоты методом продувки воздухом. Предложены математические модели для описания процесса при различных технологических параметрах (температура, концентрация, давление и др.).

Ключевые слова: *нитратная кислота, утилизация, йод, кинетика*

В предыдущих работах [1-3] авторами рассмотрена возможность переработки сложных систем на основе концентрированной нитратной кислоты с примесями фтороводорода и представлены данные исследований по организации различных стадий технологии. Вместе с тем вторым широко представленным компонентом в системах на основе концентрированной нитратной кислоты является молекулярный йод, который также как и HF является эффективным ингибитором коррозии.

Первой стадией технологического процесса переработки и ликвидации таких систем является выделение из них молекулярного йода методом отдувки атмосферным воздухом. С целью определения оптимальных параметров ведения процесса и технико-экономических расчётов была изучена кинетика.

Изучение кинетики выделения йода из водных растворов нитратной кислоты проводили на установке, изготовленной из фторопласта. Принципиальная схема установки представлена на рис. 1.

Исследования проводили при атмосферном давлении, температурах 303–323 ^{0}C, массовых концентрациях нитратной кислоты 90–98 %, и содержании 0,15–0,20 % йода и 20–30 % оксидов азота.

В сосуд 1 заливали около $1\cdot10^{-4}$ м^3 исходного, исследуемого раствора и в емкость 2 подавали термостатирующую жидкость. При достижении заданной температуры, которую регистрировали термометром 6, помещенным в термокарман 5, открывали вентили 3 и 4. Предварительно осушенный воздух поступал через вентиль 3 под слой исследуемого раствора, а через вентиль 4 отходящий газ из сосуда 1 сбрасывали в атмосферу. Расход воздуха поддерживали таким, чтобы линейная скорость газов в свободном объеме сосуда 1 составляла 0,2–0,4 м/с. Продувку исследуемого раствора проводили в течении заданного времени. Подачу воздуха прекращали, а исследуемый раствор охлаждали до комнатной температуры и анализировали.

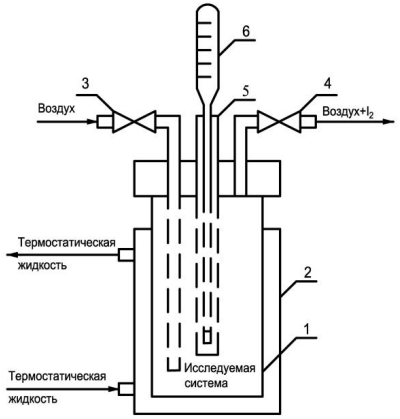


Рис. 1. Принципиальная схема установки для изучения кинетики процесса выделения I_2 из растворов HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2:
1 – сосуд с исследуемым раствором; 2 – емкость с термостатирующей жидкостью; 3,4 – вентиль; 5 – термокарман; 6 – термометр

Результаты экспериментов представлены в табл. 1–2.

Степень выделения молекулярного йода из растворов рассчитывали по уравнению (1):

$$\alpha = \frac{C_H - C_K}{C_H} \cdot 100 \qquad (1)$$

где α – степень выделения I_2, %; $C_н$ и $C_к$ – начальная и конечная массовая концентрация молекулярного йода и его кислородных соединений.

Таблица 1

Влияние технологических параметров на степень выделения молекулярного йода (α, %) из растворов HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3

Массовая концентрация HNO_3, %	Время продувки воздухом, мин								
	T= 303K					T= 323K			
	1	2	4	6	8	1	2	4	6
Массовое содержание N_2O_4 – 20%									
90	29,0	47,0	76,1	84,5	-	42,1	68,2	84,8	-
92	26,4	42,8	69,4	85,0	-	38,3	62,1	85,2	-
94	24,1	39,0	63,2	83,8	-	34,9	56,6	84,7	-
96	22,0	35,5	57,6	76,3	85,0	31,8	51,6	83,5	85,3
98	20,1	32,4	52,6	69,6	84,9	29,1	46,9	75,8	85,0
Массовое содержание N_2O_4 – 25%									
90	26,5	42,9	69,6	85,3	-	38,0	61,6	84,9	-
92	24,2	39,1	63,4	84,1	84,8	34,7	56,2	85,4	-
94	22,0	35,7	57,9	76,7	85,1	31,6	51,2	83,0	85,3
96	20,1	32,6	52,8	69,9	85,4	28,8	46,7	75,7	85,2
98	18,3	29,7	48,1	63,8	78,0	26,3	42,6	69,0	85,1
Массовое содержание N_2O_4 – 30%									
90	24,0	39,0	63,3	84,1	85,3	34,7	56,2	85,3	-
92	21,9	35,5	57,7	76,7	84,8	31,7	51,3	83,2	85,2
94	20,0	32,4	52,7	69,6	85,5	28,8	46,7	75,9	85,5
96	18,2	29,5	48,0	63,8	78,0	26,3	42,6	69,2	84,7
98	16,6	27,9	43,8	58,2	71,2	23,9	38,9	63,1	84,0

Таблица 2

Зависимость времени (мин.) продувки воздухом, необходимого для полного выделения молекулярного йода из растворов HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3 от технологических параметров

Температура, К	Массовая концентрация HNO_3, %				
	90	92	94	96	98
Массовое содержание N_2O_4 – 20%					
303	4,6	5,3	6,1	6,9	7,9
323	2,7	3,1	3,6	4,1	4,6
Массовое содержание N_2O_4 – 25%					
303	5,3	6,1	6,9	7,9	9,0
323	3,2	3,6	4,1	4,7	5,4
Массовое содержание N_2O_4 – 30%					
303	6,1	7,0	8,0	9,1	10,3
323	3,6	4,1	4,7	5,4	6,1

На рис. 2 представлена зависимость степени выделения молекулярного йода от времени продувки раствора при температуре 303 К, массовом содержании оксида азота (IV), равном 30 %, и различных массовых концентрациях нитратной кислоты. При продувке воздухом 90 %-ной нитратной кислоты, содержащей 20 % оксида азота (IV), и температуре 303К в течении 1 минуты степень выделения молекулярного йода составляет 29,0 %, а через 6 минут она достигает 84,5 %. Следует отметить, что в системе HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3 йод существует в двух формах – в виде молекулярного (I_2) и кислородного соединения (HIO_3). Причем в молекулярной форме в системе содержится около 85 % йода и около 15 % в виде йодноватой кислоты. Данными исследованиями подтверждено это явление. Поэтому при изучении кинетики выделения йода из концентрированной азотной кислоты, не происходит извлечения кислородсодержащих соединений йода, и степень извлечения йода не превышает 85,5 %.

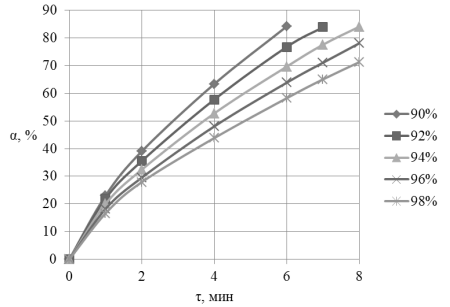


Рис. 2. Зависимость степени выделения молекулярного йода от времени продувки раствора воздухом при T=303K, массовом содержании N_2O_4-30 % и различных массовых концентрациях HNO_3, %

При продувке воздухом 98 %-ной нитратной кислоты, содержащей 20 % N_2O_4, и 303 К в течении 1 минуты степень выделения йода равна 20,1 %, а через 6 минут – только 69,6 %.

Заметное влияние на выделение молекулярного йода оказывают концентрация нитратной кислоты, присутствие оксида азота (IV) и температура. Зависимость степени выделения йода от состава раствора и температуры отражена в табл. 1–2.

С ростом концентрации нитратной кислоты и содержания оксидов азота в растворе степень выделения йода снижается, а при увеличении температуры – повышается. Например, при продувке воздухом в течении 2-х минут раствора, содержащего 20 % оксида азота (IV) в 90 %-ной нитратной кислоте при температуре 303 К степень выделения I_2 составляет 47,0 %, а в 98 %-ной HNO_3 – 32,4 %. При этих же условиях, но раствора, содержащего 25 % оксида азота (IV), степень выделения йода в 90 %-ной HNO_3 достигает 42,9 %, а в 98 %-ной HNO_3 – 29,7 %. При содержании в растворе 30% оксида азота (IV) степень выделения I_2 соответственно равна 39,0 % в 90 %-ной HNO_3 и 27,9 % в 98 %-ной HNO_3.

При продувке воздухом в течении 2-х минут раствора, содержащего 20 % N_2O_4, в 90 %-ной HNO_3 степень выделения I_2 при температуре 323 К достигает 68,2 %, в 98 %-ной HNO_3 – 46,9 %. Математическая зависимость степени выделения йода от времени процесса продувки воздухом раствора HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3, температуры, массовой концентрации нитратной кислоты и оксидов азота имеет вид:

$$\alpha = 10^{-3,7} \cdot C_{HNO_3}^{-4,37} \cdot C_{N_2O_4}^{-0,45} \cdot T^{5,76} \cdot \tau^{0,7} \quad (2)$$

где α – степень выделения йода, %; C_{HNO3} – массовая концентрация HNO_3, (90-98 %); $C_{N_2O_4}$ – массовая содержание оксида азота (IV) в растворе (20-30 %); Т – температура, (303-323 К); τ – время, мин.

Зависимость времени продувки раствора воздухом для полного выделения молекулярного йода от массовой концентрации HNO_3, температуры и массового содержания N_2O_4 показана на рис. 3.

Время, необходимое для полного выделения молекулярного йода, снижается с уменьшением концентрации HNO_3 и оксидов азота (IV) и повышением температуры. Зависимость времени, необходимого для полного выделения I_2 из растворов HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3 при массовых концентрациях HNO_3 90 – 98 %, массовом содержании N_2O_4 20-30 % и температуре 303-323 К выражается уравнением:

$$\tau_{п.в.} = 10^{8,042} \cdot C_{HNO_3}^{-6,24} \cdot C_{N_2O_4}^{0,65} \cdot T^{-8.23} \quad (3)$$

где $\tau_{п.в.}$ – время продувки раствора воздухом для полного выделения I_2, мин.; C_{HNO3} – массовая концентрация HNO_3, %; $C_{N_2O_4}$ – массовая содержание N_2O_4, %; Т – температура, К

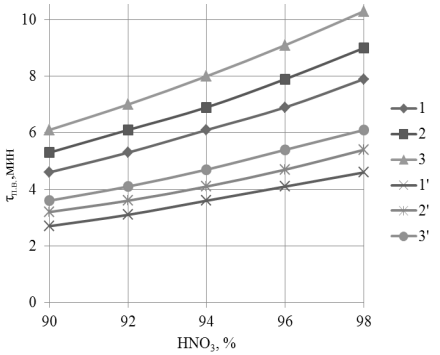


Рис. 3. Зависимость времени продувки воздухом для полного извлечения молекулярного йода от массовой концентрации HNO_3 и температуры при содержании оксида азота (IV), % мас:
Т=303К: 1-30, 2-25, 3-20
Т=323К: 1'-30, 2'-25, 3'-20

Таким образом, исследования зависимости степени выделения молекулярного йода из растворов HNO_3-N_2O_4-H_2O-I_2-HIO_3 от состава, температуры и времени продувки воздухом позволили определить условия полного выделения I_2 и вывести эмпирические уравнения адекватно описывающие процесс отдувки.

Установлено, что степень извлечения молекулярного йода повышается с ростом температуры и уменьшается с ростом концентрации HNO_3 и оксидов азота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иследование процесса извлечения фтористого водорода из системы HNO_3-N_2O_4-H_2O-HF-H_3PO_4 / Г.И. Гринь, В.А. Пономарев, В.И.Созонтов, В.В. Казаков // Химическая промышленность Украины вып. №5 (112) 2012 – К. – 68с.

2. Пономарев В.А., Гринь Г.И. Извлечение фтористого водорода из системы на основе концентрированной нитратной кислоты, Materiały Miedzynarodowej Naukowi-Praktycznej Konferencij. Nauki.Teoria i praktyka.(29.10.2012-31.10.2012) Część 7. -Poznań, 2012. - 56 str.

3. *Гринь Г.И.* Исследование процесса термического разложения водных растворов нитратной кислоты / Г.И. Гринь, В.А.Пономарев, В.И .Созонтов // Восточно-европейский журнал передовых технологий, 6/6 (60) 2012 "Eastern-European Journal of Enterprise Technologies".// – Х. – 72с.

ЭКОЛОГИЯ

Курмышева А. Ю., аспирант,
Сотникова Е. В., канд. хим. наук, доц.,
Забенькина Е. О., канд. хим. наук,
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МОЛИБДЕНА ИЗ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ankrepta@gmail.com

Приводятся данные об утилизации токсичных молибден-содержащих отходов. Исследован процесс адсорбции молибдена на оксиде алюминия с целью извлечения молибдена из отходов нефтехимического производства. Обоснованы оптимальные условия проведения технологического процесса, в частности, значения pH водного раствора. Расчитана максимальная сорбционная емкость адсорбента, позволяющая рассчитать технологические параметры процесса сорбции.

Ключевые слова: *утилизация отходов, катализаторы, молибден, адсорбция, оксид алюминия.*

С ростом промышленных металлургических, нефтеперерабатывающих производств растет доля вовлечения молибдена в процессы производства. Наиболее широко молибден применим при изготовлении катализаторов доочистки нефти [1]. Рост объемов потребления катализаторов делает актуальной проблему их утилизации после выработки своего ресурса. Складирование на прилегающей территории токсичных многотонажных отходов, содержащих молибден, способствует значительному ухудшению экологической обстановки, поэтому необходимо проводить переработку молибденовых катализаторов и сплавов.

На данный момент известны гидрометаллургические способы переработки отработанных катализаторов и выделения из них молибдена. В работах [2] определены оптимальные условия выщелачивания отработанного катализатора: водный раствор карбоната натрия (5-10 % масс.), Т:Ж= 1:10, продолжительность выщелачивания - 60-90 мин, температура - 85-100 °С. Изучена возможность и определен режим получения продукционного молибдата кальция из растворов молибдата натрия. Установлено, что осаждение осуществляется при pH=8,6-8,7 постепенным добавлением раствора $CaC1_2$ при постоянном перемешивании и температуре ~ 95 °С. Так же известны способы извлечения молибдена с использованием смеси органического растворителя с водой при 50 °С в течение 30 минут, при этом молибден переходит в водный раствор, а органическую фазу направляют на сжигание, что усложняет процесс переработки катализаторов, а также приводит к загрязнению окружающей среды. При использовании раствора соляной кислоты вместе с молибденом в раствор переходит значительное количество ванадия и никеля. При этом реальное извлечение молибдена в раствор не превышает 85 %.

Пирометаллургическую переработку отработанных катализаторов методом возгонки проводят при давлении 10,5 МПа и температуре 400 °С в течение 6 часов, при этом извлечение молибдена в возгон не превышает 70 %.

Таким образом, известные способы извлечения молибдена из отработанных катализаторов имеют существенные недостатки. В связи с этим разработка новых способов их переработки, позволяющих повысить извлечение молибдена, уменьшить потери ценных компонентов и улучшить экологическую обстановку, является весьма актуальной.

В связи с вышеизложенным, целью данной статьи явилась разработка более простого и эффективного способа извлечения молибдена из катализатора, заключающегося в адсорбции молибдат-ионов на сорбенте – оксиде алюминия, Al_2O_3. Для достижения поставленной цели нами были решены следующие задачи:

- подбор эффективного сорбента для выделения молибдат-ионов из растворов, полученных после растворения катализатора;
- исследование процесса адсорбции молибдат-ионов на найденном сорбенте;
- построение зависимостей адсорбции от pH среды и концентрации раствора;
- нахождение констант сорбционного равновесия на основании полученных изотерм; расчет технологической схемы и расхода сорбента в зависимости от объема поступающей жидкости.

Объекты и методы исследования.

В качестве объекта исследования был выбран сорбент - оксид алюминия. Он занимает одно из ведущих мест по практическому использованию в различных областях науки и техники. На его основе изготавливаются катализаторы, сорбенты, керамические, вяжущие и другие материалы спецназначения. Разнообразие функциональных возможностей оксида алюминия определяется его амфотерными свойствами, которые к настоящему времени изучены в различных аспектах. В ряде монографий и обзоров обобщены данные о кристаллографической структуре различных модификаций [3], методах их получения [4], физико-химических свойствах [5].

В экспериментальном исследовании процесса адсорбции был использован раствор молибдата натрия, $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, концентрацией 0,1 моль/л; порошкообразные препараты оксида алюминия, Al_2O_3. К раствору молибдата натрия добавляли 10% HCl или NaOH по каплям под контролем pH-метра до получения требуемого значения pH в интервале от 2,5 до 10,8.

В растворы 0,1 моль/л молибдата с pH от 2,5 до 10,8 объемом по 100 мл засыпали 3 г порошка оксида алюминия и выдерживали сутки при перемешивании на магнитной мешалке при комнатной температуре (23-25 °C). Молибден в растворе определяли фотоколориметрически роданидным методом по методике [6] . Адсорбцию вычисляли по разности начальной и конечной концентраций молибдена в растворе:

$$\Gamma_{\%} = \frac{C_{исх} - C_{кон}}{C_{исх}} \quad (1)$$

где $C_{исх}$ и $C_{кон}$ – начальная и конечная концентрация молибдена;

Результаты и их обсуждение.

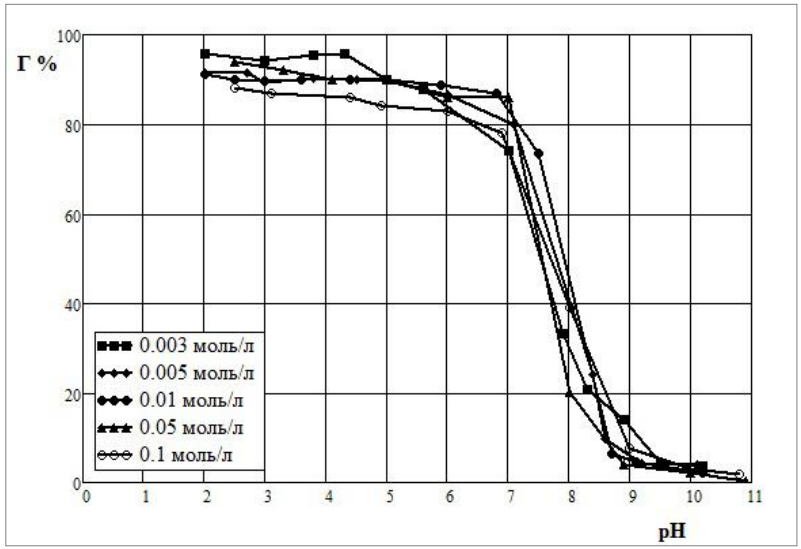


Рис.1 Зависимость адсорбции молибдат-ионов, Г(%), от pH на оксиде алюминия при разной концентрации молибдена в растворе

Из анализа рисунка 1 следует, что с ростом pH среды адсорбция молибдат-ионов падает, что свидетельствует о прохождении процесса адсорбции на положительно заряженной поверхности оксида. Возможно предположить, что молибтан-ионы, попадая в раствор, подвергаются гидролизу, и константу сорбционного равновесия возможно рассчитать, исходя из равновесия[7]:

$$MoO_4^{2-} + H_2O = HMoO_4^- + OH^-$$

$$\log(HMoO_4^-/MoO_4^{2-}) = \log(K) + pOH$$

Или с учетом адсорбции:

$$\log\left(\frac{\Gamma}{100-\Gamma}\right) = \log(K) + n \cdot pH \quad , \quad (2)$$

где K – константа адсорбционного равновесия; n – тангенс угла наклона логарифмической прямой к оси абсцисс.

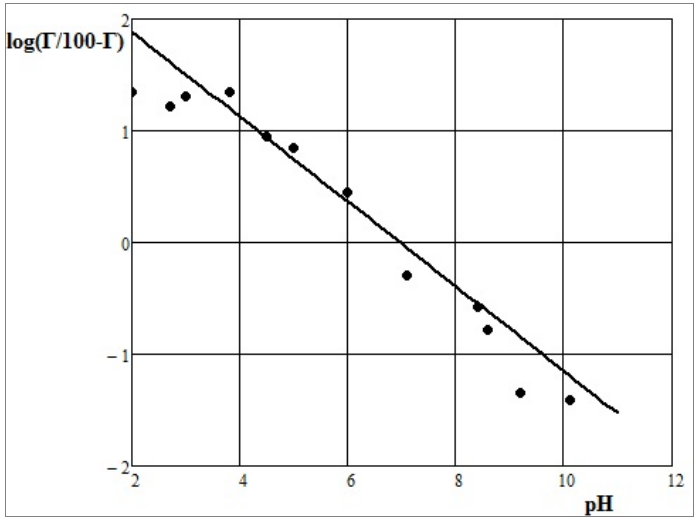


Рис. 2 Зависимость log(Г/(100-Г), %, от pH.

Точки — экспериментальные данные, линии — расчет по уравнению (2).

На рисунке 2 изображено графическое изображение уравнения. Найдена константа адсорбционного равновесия, K, численно равная константе гидролиза первой ступени по [8]. Найденная константа адсорбционного равновесия позволяет рассчитать максимальную удельную емкость адсорбента, исходя из соотношения [9]:

$$a = \frac{a_\infty \cdot K \cdot C_p}{\frac{V_{H_2O}}{V_i} + K \cdot C_p} \quad (3)$$

где a – удельная адсорбция, моль/г; a_∞ - максимальная удельная адсорбция вещества (сорбционная емкость), моль/г; K – константа адсорбционного равновесия; V_{H2O} и V_i – молярные объемы воды и адсорбируемого вещества; C_p – равновесная концентрация, моль/л.

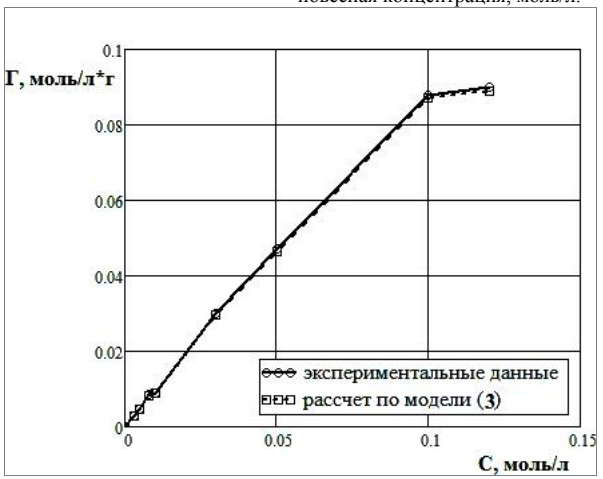


Рис. 3 Зависимость адсорбции молибдат-ионов, Г(моль/л*г), от концентрации молибдена в растворе. Сплошная линия — экспериментальные данные, пунктирная линия — расчет по модели (3)

На рисунке 3 показана экспериментальная изотерма адсорбции и смоделированная по уравнению. Варьируя параметр a_x, достигали максимальной сходимости модельной кривой и экспериментальных данных. В результате была найдена сорбционная емкость оксида алюминия и рассчитана удельная адсорбция молибдат-ионов для каждой концентрации раствора.

Таким образом, зная коэффициент адсорбции и сорбционную емкость сорбента, можно рассчитать расход адсорбента на выделение молибдена из раствора [9]:

$$m = \frac{Q(C_н - C_к)}{a} \quad (4)$$

где m – расход адсорбента; Q – объемный расход сточных вод; $C_н$ и $C_к$ – начальная и конечная концентрация молибдена в сточной воде; а – коэффициент адсорбции.

Конечную концентрацию молибдена в растворе для многоступенчатой очистки в n ступенях можно рассчитать исходя из уравнения:

$$C_n = [Q/(Q + km)]^n \cdot C_н \quad (5)$$

где к – коэффициент распределения, к = ($C_н$ – $C_к$)/($C_н$ – $C_р$).

Расход адсорбента на каждой ступени:

$$m = \frac{Q}{k(C_n/C_{n-1})} \quad (6)$$

Необходимое число ступеней:

$$n = \frac{\lg C_н}{\lg[Q/(Q+km)]} \quad (7)$$

Таким образом, проведенные исследования позволяют определить оптимальный расход сорбента для максимального извлечения молибдена из отработанных катализаторов доочистки нефти и снижения его негативного воздействия на окружающую среду.

Выводы:

1. Предложен метод сорбции молибдена на оксиде алюминия как альтернатива существующим гидро и пирометаллургическим методам выделения молибдена из растворов после растворения отработанных катализаторов.

2. Выявлены наиболее эффективные значения pH среды для сорбции ионов молибдена из раствора на оксиде алюминия.

3. Рассчитано необходимое количество сорбента для полной адсорбции молибдат-ионов из раствора, исходя из найденных констант адсорбционного равновесия, и рассчитанной сорбционной емкости оксида алюминия.

В перспективе данного исследования поиск способа регенерации отработанного сорбента с целью его повторного использования и отделения адсорбированного молибдена от оксида.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зеликман, А.Н.* Металлургия редких металлов / А.Н. Зеликман, Б.Г. Коршунов. – М.: Металлургия, 1991. – 432с.

2. *Перехода, С.П.* Варианты комплексной переработки отработанных молибденсодержащих катализаторов гидроочистки нефтяных фракций / С.П. Перехода, Ю.А. Лайнер, А.С. Медведев // Химическая промышленность сегодня. – 2003. – № 4. – С. 13–18.

3. *Лаппинс, Б.К.* Активная окись алюминия / Б.К. Лаппинс, Й.Й. Стеггарда // Строение и свойства адсорбентов и катализаторов: сб. науч. трудов под ред. Б.Г. Линсена, пер. с англ. З.З. Высоцкого: – М.: изд-во Мир, 1973. – С. 190–232.

4. *Дзисько, В.А.,* Физико-химические основы синтеза окисных катализаторов / В.А. Дзисько, А.П. Карнаухов, Д.В. Тарасова. – Новосибирск: изд-во Наука, 1978. – 380 с.

5. *Джейкок, М.* Химия поверхностей раздела фаз: Пер.с англ. / М.Джейкок, Дж. Парафит. – М.: изд-во Мир, 1984. – 269 с.

6. *Марченко, З.* Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе / З. Марченко, М. Бальцежак. – М.: изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 711с.

7. *Горичев, И.Г.* Электрохимическое и коррозионное поведение молибдена и его оксидов в растворах электролитов / И.Г. Горичев [и др.]. – М.: изд-во МГТУ «МАМИ», 2010.-120 с.

8. *Perrin, D.D.* Ionization constants of inorganic acids and bases in aqueous solution / D.D. Perrin. – Pergamon, Oxford, 1982.

9. *Nan, Xu* Adsorption of molybdate and tetrathiomolybdate onto pyrite and goethite: Effect of pH and competitive anions / Xu Nan, Christodoulatos Christos, Braida Washington // Chemosphere. – 2006. – № 62. – С. 1726–1735.

Эпоян С. М., д-р техн. наук, проф.,
Душкин С. С., аспирант
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВИРОВАННОГО РАСТВОРА КОАГУЛЯНТА

D.akaSS@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы повышения экологической безопасности питьевой воды при использовании активированного раствора коагулянта.

Установлено, что использование активированного раствора коагулянта сульфата алюминия при подготовке питьевой воды позволяет снизить остаточное содержание алюминия в осветленной воде.

Эффективность водоподготовки зависит от параметров активации и качества осветленной воды.

***Ключевые слова**: водоподготовка, коагуляция, активация, питьевая вода, экологическая безопасность.*

В настоящее время особое внимание уделяется повышению надежности процесса подготовки питьевой воды, повышению экологической безопасности, разработке новых эффективных методов разработки, внедрению ресурсосберегающих процессов [1]. При этом наиболее перспективными являются методы связанные с применением технологически обоснованных схем и разработкой новых методов, которые позволяют не только повышать эффективность водоподготовки, но и экологическую безопасность питьевой воды, важнейшим элементом которой является остаточное содержание алюминия в питьевой воде, которое согласно ГСанПиН Украины не должно превышать 0,2-0,5 мг^3 [2].

Работа выполнена в соответствии с госбюджетной темой Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины «Разработка ресурсосберегающих экологически безопасных технологий при очистки природных и сточных вод» (№ госрегистрации 0107u000253).

Для интенсификации процессов очистки воды все большее значение приобретают физические методы, к числу которых относится рассматриваемый в данной работе метод обработки воды с использованием активированных растворов коагулянта, что позволяет повысить качество питьевой воды, снизить расход реагентов, повысить экологическую безопасность воды, к которой ГСанПиН Украины предъявляет достаточно высокие требования, в частности к остаточному содержанию алюминия.

Целью данной работы является исследование влияния активированного раствора сульфата алюминия на снижение остаточного содержания алюминия при подготовке питьевой воды.

Исследования выполнены на воде р. Днепр на очистных сооружениях водопровода г. Светловодска в разные периоды времени 2011 года, а именно:

- зимний период – январь, февраль;
- весенний период – март, апрель;
- летний период – июль, август;
- осенний период – октябрь, ноябрь.

Качественные показатели осветляемой воды:

Период исследований	Температура, °С	Содержание взвешенных веществ, мг/дм^3	Цветность, град
Зимний	3,2	5,4	41
Весенний	6,5	13,5	48
Летний	26,6	24,8	87
Осенний	8,6	23,4	56

Параметры активации раствора коагулянта сульфата алюминия (напряженность магнитного поля (Н [кА/м]) и содержание анодно-растворенного железа (Fe^{3+} [мг/дм^3]) приведено ниже:

- зимний период – Н=385 кА/м; Fe^{3+} =295 мг/дм^3;
- весенний период – Н=375 кА/м; Fe^{3+} =285 мг/дм^3;
- летний период – Н=295 кА/м; Fe^{3+} =265 мг/дм^3;
- осенний период – Н=285 кА/м; Fe^{3+} =360 мг/дм^3.

Методика проведения исследований описана нами ранее [3,4]. Результаты выполненных исследований приведены в таблице.

Опытные данные показывают, что использование активированного раствора коагулянта при использовании в очистке воды оказывает существенное влияние на остаточное содержание алюминия в осветленной воде.

Наибольшее содержание остаточного алюминия в осветленной воде имеет место в период низких температур (январь-февраль). Так, при обработке воды обычным коагулянтом сульфата алюминия остаточное содержание алюминия составляет в среднем 0,46 мг/дм^3 (январь), а при обработке активированным раствором сульфата алюминия остаточное содержание алюминия составляет в среднем 0,29 мг/дм^3 (январь)- снижение содержания остаточного алюминия на 58,61%. Для весны (март)-данные показатели соответствуют 0,49 мг/дм^3 для сульфата алюминия и 0,3 мг/дм^3 – снижение 63,3%. Для летнего периода (июль) – соответственно, 0,32 мг/дм^3 и 0,21 мг/дм^3 – снижение 52,3%, и 0,28 мг/дм^3 , 0,17 мг/дм^3 – снижение 64,7% для осени (ноябрь), т.е наблюдается снижение остаточного алюминия при обработке воды активированным раствором коагулянта независимо от времени года.

Таблица 1

Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на остаточное содержание алюминия в осветленной воде р. Днепр

№ серии экспериментов / период исследований	Параметры осветленной воды			Параметры активации		Остаточное содержание алюминия при очистке воды, мг/дм^3		Изменение содержания остаточного алюминия в осветленной воде, %
	темпе-ратура, °С	содержание взвешенных веществ, мг/дм^3	цветность, град	напряженность магнитного поля, Н, кА/м	содержание анодно-растворенного Al^{3+}	раствор коагулянта сульфата алюминия (обычный)	раствор коагулянта сульфата алюминия (активированный)	
1 / январь 2011	3,2	5,4	41	385	295	0,48 0,44 0,46 Среднее 0,46	0,28 0,31 0,28 Среднее 0,29	58,61
2 / февраль 2011	2,8	10,5	46	385	295	0,43 0,41 0,39 Среднее 0,41	0,27 0,23 0,25 Среднее 0,25	64,1
3 / март 2011	6,5	13,5	48	285	285	0,49 0,51 0,47 Среднее 0,49	0,28 0,32 0,3 Среднее 0,3	63,3
4 / апрель 2011	8,7	14,1	51	375	285	0,47 0,45 0,43 Среднее 0,45	0,26 0,28 0,3 Среднее 0,28	60,7
5 / июль 2011	24,6	24,8	87	295	265	0,3 0,34 0,32 Среднее 0,32	0,21 0,23 0,19 Среднее 0,21	52,3
6 / август 2011	24,5	40,3	82	295	265	0,15 0,17 0,19 Среднее 0,17	0,13 0,09 0,11 Среднее 0,11	54,5
7 / октябрь 2011	10,5	25,2	63	285	360	0,28 0,24 0,26 Среднее 0,26	0,14 0,16 0,18 Среднее 0,16	62,5
8 / ноябрь 2011	8,6	23,4	56	285	360	0,28 0,3 0,26 Среднее 0,28	0,17 0,19 0,15 Среднее 0,17	64,7

Выводы:

1. Использование активированного раствора коагулянта при подготовке питьевой воды позволяет снизить остаточное содержание алюминия в осветленной воде и этим самым повысить экологическую безопасность.

2. Эффективность процесса очистки воды зависит от параметров активации и качества осветляемой воды.

3. В дальнейшем необходимо выполнить исследования по конструкторско-технологическому внедрению выполненных исследований при подготовке питьевой воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ существующих методов повышения эффективности работы для подготовки воды / Эпоян С.М., Душкин С.С., Сташук В.А. //Вісник ХНУБА,- Харків;ХОТВ АБУ, 2012 - Вип.67 - С. 261-265.

2. ДСанПіН (ГСанПиН) 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 01.06.2010р. із змінами та доповненнями, внесеними наказом Міністерством охорони і здоров'я України №400 від 12.05.2010.

3. Методологические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянтов в процессе очистки воды / Душкин С.С. //Комунальне господарство міст - Харків; ХНАМГ, 2012 -. Вип. 105 - С. 320-334.

4. Влияние активированных растворов сульфата алюминия на гидравлическую крупность коагулированной взвеси в процессах очистки питьевой воды Эпоян С.М., Душкин С.С. //Комунальне господарство міст - Харків; ХНАМГ, 2012. - Вип. 103 - С. 320-334.

Черныш Е. Ю., аспирант
Сумской государственный университет

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФИДНОЙ ФРАКЦИИ НА ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД-ПОЧВА-РАСТЕНИЯ»

liza_chernish@mail.ru

В процессе биосульфидной обработки органические хелатокомплексы с ТМ разрушаются и образуются устойчивые соединения сульфидов металлов: сульфиды железа (марказиты), никеля, хрома и т.д. Оценка способности ионов металлов осаждаться в нерастворимой форме в сульфидной фракции, вследствие метаболической деятельности сульфатвосстанавливающих бактерий, была сделана на основе расчета показателя эффективности биоосаждения (%, ЭБО). Наиболее эффективным с точки зрения достижения экологического эффекта является совместная обработка избыточного ила и осадка с иловой карты при внесении дозы фосфогипса 14 мг/дм^3, при которой были получены следующие значения показателя ЭБО (%): для Cu - 72,61, для Zn - 85,17, для Ni – 74,22, для Pb - 74,55, для Cr - 71,22, для Fe - 73,85. Таким образом, происходит связывание ТМ в недоступную для растений форму, так как перенос по корневой системе характерен для водорастворимой и обменной форм металлов. Происходит биохимическое связывание металлов в сульфидной фракции.

Ключевые слова: *осадки сточных вод, тяжелые металлы, биосульфидная обработка, эффективность биоосаждения, сульфидная фракция.*

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Накопление тяжелых металлов (ТМ) в осадках городских сточных вод (ОСВ) происходит в первую очередь в результате осаждения на внешних оболочках клеток микроорганизмов, биоадсорбции на мембранных структурах и на специфических протеинах цитоплазмы. ТМ могут адсорбироваться на взвешенных частицах, входящих в состав массы осадка [1] и входить в сложные органические комплексы.

С увеличением времени выдержки ОСВ происходит перераспределение форм нахождения ТМ, которое имеет двойственный характер. С одной стороны гумусообразные вещества обладают значительной емкостью катионов, что обуславливает значительную сорбцию ими ТМ и их фиксацию. С другой – при увеличении содержания водорастворимого органического вещества, способного к комплексообразованию с ТМ вследствие микробной жизнедеятельности (биодеградация), подвижность металлов возрастает, что подтверждено в [2]. Следовательно, ТМ из ОСВ могут переходить в легкоподвижную форму и становиться доступными для растений. Таким образом, ОСВ являются источником наиболее опасных форм ТМ в почвах - металлоорганических соединений, что ограничивает возможности использования их в сельском хозяйстве.

Ежегодно на территории нашей страны образуется около 40 млн. тонн ОСВ, что представляет реальную угрозу вторичного загрязнения окружающей среды. При отсутствии механического обезвоживания ОСВ ежегодная потребность в иловых площадках для размещения, создаваемого осадка, составляет для всей Украины 120 га в год.

На сегодняшний день возникла системная экологическая проблема загрязнения объектов окружающей среды при обращении с ОСВ, актуальность решения которой не ограничивается территорией нашей страны.

Таким образом, для снижения экологически опасного воздействия ОСВ на объекты окружающей среды необходимо проведение их обезвреживания с возможностью последующей утилизации.

Как правило, при необходимости контроля за техногенным загрязнением почв ТМ, принято определять валовое содержание металла. Однако, правильнее говорит о роли "подвижных" и "доступных" для растений форм. Определение содержания подвижных форм металлов проводят для характеристики миграции металлов-загрязнителей из почвы в растения [3].

В настоящее время все большую распространенность получает сульфидный метод очистки сточных вод от ионов ТМ, основанный на взаимодействие ионов металлов с сульфидом натрия. Данный метод основан на утверждении о малой растворимости сульфидов. Однако экспериментальные исследования растворимости и термодинамические расчеты значительно различаются. Возможное повышение растворимости сульфидов связано с образованием сульфидных комплексов металлов и наличием в растворе сульфидов коллоидной степени дисперсности.

Одним из перспективных направлений переработки ОСВ являются системы анаэробной микробиологической деградации с осаждением

ТМ биогенным сероводородом - продуктом жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ), на основе которой нами была разработана биосульфидная технология [4-6].

В процессе биосульфидной обработки органические хелатокомплексы с ТМ разрушаются и образуются устойчивые соединения сульфидов металлов: сульфиды титана, железа (марказиты), цинка (сфалерит), никеля и т.д. Таким образом, происходит не физическое удаление ТМ, а их биохимическое связывание [6].

Следовательно, первостепенное значение имеет изменение растворимости сульфидов, образованных биогенным путем в процессе биосульфидной обработки, при дальнейшем использовании ОСВ в качестве удобрения. *Целью данной работы* является оценка влияния биогенной сульфидной фракции на подвижность ТМ в ОСВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были образцы ОСВ - избыточного активного ила и осадков из иловых карт городских очистных сооружений, а также образцы фосфогипса - многотоннажного отхода производства экстракционной фосфорной кислоты.

Лабораторный стенд

Лабораторная экспериментальная установка состоит из анаэробного биореактора и термостата Loip LT-108 (ТЖ-ТС-01/8-100) (Россия).

Биореактор - анаэробная камера брожения, цилиндрической формы с нержавеющей стали, объемом $V_1 = 5$ дм^3, рабочий объем не превышал 7/10 общего объема. Камера покрыта теплоизоляционной пленкой, под которой по термостойким пластиковым трубам циркулирует подогретая вода (37 ^oC). Перемешивание субстрата проводилось с помощью мешалки. В нижней части корпуса биореактора находится отверстие для выгрузки обезвреженных ОСВ. В верхней части биореактора установлен патрубок для отвода газовой фазы с регулирующим клапаном.

Методы исследования

Определение ТМ проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии: для Cu, Cr и Ni, Zn использовали пламенный вариант атомизации (пламя: ацетилен-воздух и пропан-воздух), для Pb - вариант электротермической атомизации. Исследования проводили на атомно-абсорбционный спектрофотометре типа С115-1М (производства «СЕЛМИ», Украина) согласно методике [7].

Методика проведения анализа заключалась в следующем:

1. Пробу высушенного ОСВ (до и после биосульфидной обработки) массой 10 г помещают в коническую колбу вместимостью 100 - 200 см^3, приливают 50 см^3 ацетатно-аммонийного буфера.

2. Суспензию взбалтывают 1 час. Вытяжки фильтруют через сухой складчатый фильтр "белая лента", по возможности не перенося осадок на фильтр. К оставшимся в колбе ОСВ приливают еще 50 см^3 ацетатно-аммонийного буфера и экстрагирование повторяют. Повторное фильтрование производят в ту же колбу, перенося на фильтр максимальное количество ОСВ.

3. Измерение остаточной концентрации ионов металлов в вытяжке. Одновременно проводят холостой анализ, включая все его стадии, кроме взятия проб ОСВ. В полученном фильтрате определяют элементы атомно-абсорбционным методом.

Подвижные формы соединений элементов в ОСВ извлекают ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH = 4,8 (ААБ). Этот экстрагент принят агрохимической службой для извлечения доступных растениям микроэлементов и служит для оценки обеспеченности почв этими элементами [3].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В необработанных ОСВ значительная часть ТМ находится в органоминеральных комплексах, которые при минерализации ОСВ поддаются разложению, переходят в раствор почвенный (поровая вода) и ионы металлов становятся доступны для корневой системы растений. Следовательно, что бы определить доступность ТМ в этой форме мы использовали ацетатно-аммонийный буфер. Полученная вытяжка из ОСВ содержит доступные для растений микроэлементы, в том числе ТМ. Был проведен сравнительный анализ вытяжки из ОСВ до и после обработки и определена эффективность удаления из вытяжки ионов ТМ, т.е. металлов, которые были переведены в нерастворимую форму (сульфидов) и при обработке осадка ААБ не перешли в вытяжку, следовательно, стали недоступны для растений.

Отметим, что изменение концентрации растворенного металла может служить в качестве показателя биологической активности СВБ.

В течение определенного времени в биореакторе происходит взаимодействие СВБ и субстрата (смеси ОСВ и фосфогипса), что сопровождается образованием сероводорода:

$$Органика(e-донор) + SO_4^{2-}(e-акцептор) \rightarrow 2CH_3COO^- + HS^- + HCO_3^- + H^+ \quad (1)$$

Сероводород в водной среде диссоциирует на ионы водорода и серы в две ступени:

$$H_2S \leftrightarrow H^+ + HS^- \leftrightarrow 2H^+ + S^{2-} \quad (2)$$

Со следующим взаимодействием с ионами металлов. Химические реакции, происходящие в осадках схематично можно записать в виде:

$$Me^{2+} + S^{2-} \rightarrow MeS\downarrow \quad (3)$$

$$Me^{2+} + HS^- \rightarrow MeS\downarrow + 2H^+ \quad (4)$$

где Me - общее обозначение ионов ТМ; MeS - общее обозначение сульфидов ТМ.

Использование неорганических малорастворимых гипсовых отходов промышленных производств, в частности фосфогипса, в процессе обработки ОСВ имеет следующие преимущества [4-6]: дешевая сырьевая база; широкая распространенность отходов данного вида; обогащения осадков микроэлементами, соединения серы, которые содержатся в отходах, могут свободно использоваться СВБ как минеральный субстрат для их роста и образования сероводорода, что обусловлено высоким сродством микробных клеток в сульфат/сульфит ионов, снижение техногенного нагрузки гипсовых отходов на окружающую среду.

Оценка способности ионов металлов осаждаться в нерастворимой форме в сульфидной фракции, вследствие метаболической деятельности СВБ, была сделана на основе расчета показателя эффективности биологического осаждения (%, ЭБО), который определялся как процент осажденного металла по отношению к начальному количеству растворенного металла в ОСВ до обработки. Этот показатель был рассчитан по следующей формуле:

$$ЭБО = \frac{\left([Me]_{t=0} - [Me]_{t=t}\right)}{[Me]_{t=0}} \times 100\% \quad (1)$$

где $[Me]_{t=0}$ - концентрация растворенного металла в начальный момент времени; $[Me]_{t=t}$ - концентрация растворенного металла после обработки (t=10 сут.).

Исследование ОСВ показало, что свыше 70% ТМ, находятся в прочносвязанном состоянии и не извлекаются указанной вытяжкой. Из этого следует, что данные металлы не включаются в миграционный процесс и не являются загрязнителями.

Таким образом, была проведена оценка эффективности биохимического удаления ТМ в аспекте связывания металлов в форме недоступной для растений. В процессе экспериментальной работы было определено оптимальное соотношение компонентов при биосульфидной обработке. Основные результаты приведены в табл. 1

Следует отметить, что наиболее эффективным с точки зрения достижения экологического эффекта является совместная обработка избыточного ила и осадка с иловой карты при внесении 14 мг/дм^3 фосфогипса.

Введение более высоких концентраций гипсовых отходов (≥16 г/дм^3) не привело к повышению ЭБО.

Таблица 1

Экспериментальные данные по изучению процесса осаждения ТМ биогенным сероводородом из ОСВ (с влажностью 86,3 %) при внесении гипсовых отходов в условиях анаэробного сбраживания, pH-7,5, t = 36 °С.

Вид ОСВ	Доза фосфогипса, г/дм^3	Эффективность биохимического осаждения (удаления) металлов (ЭБО), %					
		Zn	Cu	Ni	Fe	Pb	Cr
Ил + Осадок из площадок складирование городских ОС (в соотношении 2:1)	10	69,915	54,42	52,45	55,75	48,95	49,11
	12	72,15	63,77	68,35	60,997	58,41	63,90
	14	**85,17**	**72,61**	**74,22**	**73,85**	**74,55**	**71,22**

Исследование процессов извлечения ионов ТМ с последующим биохимическим осаждением их показали перспективность использования биосульфидной технологии обезвреживания ОСВ совместно с гипсовыми отходами.

Таким образом, для ОСВ, прошедших биосульфидную обработку в анаэробных условиях, процессы накопления и подвижность ТМ контролирует образованная при жизнедеятельности СВБ сульфидная фракция. Образование сульфидов металлов в ОСВ ограничивает подвижность металлов и обуславливает их минимальное поступление в почвенный поровый раствор и далее миграцию в системе «почва-растения».

Полученные данные подтверждают эффективность биосульфидной обработки осадков с иловых карт городских очистных сооружений совместно с избыточным активным илом с возможностью дальнейшего их использования как

удобрения с улучшенными органоминеральными качествами.

ВЫВОДЫ

Связывание ионов ТМ в практически нерастворимые соединения, таким образом, уменьшение мобильность ТМ в системе «почве – растения», имеет первостепенное значение для использования ОСВ как удобрения.

Полученные данные свидетельствуют об эффективности биохимического удаление ТМ из сброженной смеси ОСВ в процессе биосульфидной обработки.

В процессе биосульфидной обработки органические хелатокомплексы с ТМ разрушаются и образуются устойчивые соединения сульфидов металлов: сульфиды железа (марказиты), никеля, хрома и т.д. Отметим, что изменение концентрации растворенного металла может служить в качестве показателя биологической активности СВБ. Оценка способности ионов металлов осаждаться в нерастворимой форме в сульфидной фракции, вследствие метаболической деятельности СВБ, была сделана на основе расчета показателя эффективности биологического осаждения (%, ЭБО), Наиболее эффективным с точки зрения достижения экологического эффекта является совместная обработка избыточного ила и осадка с иловой карты при внесении дозы фосфогипса 14 мг/дм^3, при которой были получены следующие значения показателя ЭБО (%): для Cu - 72,61, для Zn - 85,165, для Ni – 74,22, для Pb - 74,55, для Cr - 71,22, для Fe - 73,85. Ведение более высоких концентраций гипсовых отходов (≥16 г/дм^3) не привело к повышению ЭБО.

Таким образом, происходит связывание ТМ в недоступную для растений форму, так как перенос по корневой системе характерен для водорастворимой и обменной форм металлов. Происходит не физическое или механическое удаление ТМ, а их биохимическое связывание. Понижается миграционная способность металлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шведова, Т.А. Чеснокова, А.В. Невский. Формы нахождения тяжелых металлов в отработанном активном иле // Инженерная экология. 2005. - № 4. - С. 26 - 28.

2. Савич В.И., Раскатов В.А., Седых В.А., Саидов А.К. Влияние тяжелых металлов на процессы деградации почв// Арго XXI, 2011. - № 10-12. – С. 46-48.

3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Издание 2-е./ под ред. А.М. Артюшин, А.А. Флоринский и др.М. 1992. – 57 с.

4. Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д.Теоретичне обгрунтування технології комплексної переробки осадів міських стічних вод // Екологічна безпека № 2/2011 (12). – С. 98-100.

5. Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д. Проектування біотехнологічних систем видалення важких металів з осадів стічних вод// Наукові записки. Випуск № 1 (38) / 2012.– С. 184-189.

6. Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д. Екологічні аспекти використання осадів стічних вод: механізми фіксації важких металів та їх видалення з осадів // Екологія та промисловість, 3/2012. - С. 82-87.

7. Методические указания по спектральным методам определения микроэлементов в объектах окружающей среды и биоматериалах при гигиенических исследованиях. № 42-46-87. Утв. 20.01.1987 г. М., 1987. - 17 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Альмохаммед О. А, магистрант,
Кузнецов В. А., д-р техн. наук, проф.,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ГОРЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТОПКЕ

kouzn@intbel.ru

С помощью компьютерной программы математического моделирования исследовано влияние закрутки вторичного воздуха на длину и форму диффузионного факела при разной скорости вылета природного газа из сопла горелки в вертикальной цилиндрической топке водонагревателя. Подтверждена адекватность математической модели. Установлены новые количественные закономерности.

Ключевые слова: *природный газ, горение, факел, вертикальная топка, крутка воздуха, выталкивающая сила, математическая модель, вычислительный эксперимент*

Постановка задачи

В большинстве случаев горение природного газа в промышленных топках осуществляют в диффузионном факеле, длина и форма которого зависят в основном от интенсивности турбулентной диффузии топлива и окислителя, а не от скорости химических реакций. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что при горизонтальном положении горелки и постоянном расходе природного газа длина прямоточного диффузионного факела оказывается прямо пропорциональной диаметру сопла горелки [1]. Коэффициент пропорциональности близок к 200, но может несколько изменяться в зависимости от состава сжигаемого топлива и средней температуры газообразной среды в факеле.

Таким образом, диффузионному горению свойственно образование длинного факела, в то время как для эффективного теплообмена в водоохлаждаемых топках требуется интенсивное сжигание топлива в коротком факеле при хорошем заполнении объема топки высокотемпературными продуктами горения. Короткий диффузионный факел получают путем закрутки потока воздуха, подаваемого на горение. Из-за повышенной сложности турбулентного тепломассопереноса в высокотемпературных газах закономерности диффузионного горения газообразного топлива в закрученном факеле оказываются теоретически трудно предсказуемыми и недостаточно изученными экспериментально.

Особый интерес вызывает исследование воздействия на факел подъемной выталкивающей силы, создаваемой силой тяжести в неоднородной или неизотермической среде. Воздействие выталкивающей силы на вертикальный факел учитывается с помощью числа подобия Фруда $\mathrm{Fr} = u^2/dg$, где u – скорость вылета топлива из сопла горелки, d – диаметр сопла, g – ускорение свободного падения. Согласно [2], при постоянном расходе природного газа отношение длины факела, направленного вниз, к диаметру сопла приблизительно пропорционально числу Фруда в степени 0,2.

Математическая модель

Современные вычислительные методы позволяют изучать горение природного газа с помощью компьютерных программ математического моделирования процессов тепломассопереноса при турбулентном движении газообразной среды. Тепловая работа топки зависит от большого числа физико-химических, газодинамических и теплообменных процессов, взаимно связанных между собой, так что при эксплуатации топки невозможно обособленно воздействовать на какой-либо один процесс или параметр, не затрагивая всю систему в целом. Поэтому в математической модели необходимо адекватно описывать всю совокупность взаимодействующих факторов, влияющих на горение, – процессы турбулентного движения топлива, воздуха и продуктов горения, их смешение в диффузионном факеле, радиационно-конвективный теплообмен.

Математическая модель движения газообразной среды включает в себя уравнение неразрывности потока, с помощью которого вычисляют поле давления, и три уравнения Навье–Стокса, определяющие компоненты скорости u, v, w вдоль соответствующих осей координат. Введение турбулентного аналога коэффициента вязкости в дифференциальные уравнения позволило применить их для моделирования турбулентных течений. Турбулентный коэффициент вязкости $\mu_т$ в математической модели вычислялся с помощью двухпараметрической диссипативной модели турбулентности, содержащей дифференциальные уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и скорости диссипации турбулентной энергии.

Теплообмен в высокотемпературных газах называют сложным, так как в нем одновременно участвуют все три способа переноса энергии – теплопроводность, конвекция и излучение. Математическое моделирование сложного теплообмена в топке выполнено с помощью дифференциального уравнения радиационно-конвективного переноса теплоты, учитывавшего перенос скрытой теплоты диссоциации трехатомных газов, и уточненных дифференциальных уравнений радиационного переноса энергии в ограниченном объеме поглощающей среды [1].

При математическом моделировании диффузионного факела предполагалось, что скорость химических реакций настолько высока, что не влияет на интенсивность горения. В этом случае с помощью концентраций топлива $c_т$, воздуха $c_в$ и стехиометрического массового соотношения $n_в$ определяется понятие расчетной концентрации,

$$C \equiv c_т - c_в / n_в ,$$

и для нее составляется дифференциальное уравнение переноса в двухмерной постановке задачи:

$$\frac{\partial \rho u C}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial r \rho v C}{\partial r} - \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho \frac{\mu_т}{\mathrm{Pr}_т}\frac{\partial C}{\partial x}\right) - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\rho \frac{\mu_т}{\mathrm{Pr}_т}\frac{\partial C}{\partial r}\right) = 0 .$$

Здесь ρ – плотность, u, v, w – компоненты скорости, $\mu_т$ – турбулентный аналог динамического коэффициента вязкости, $\mathrm{Pr}_т$ – турбулентное число Прандтля. Учитывая форму рабочего пространства, наиболее подходящей для цилиндрической топки является цилиндрическая система координат (x, r, φ). Ось x направлена по длине топки, ось r – по ее радиусу и координата φ – по окружности топки.

Граничные условия к этому уравнению формулировались, исходя из непроницаемости водоохлаждаемых стен топки для химических компонентов. Предполагалось, что природный газ воспламеняется при контакте с воздухом непосредственно за топливным соплом и при дальнейшем его горении в объеме топки химические реакции сосредотачиваются в тонком слое газообразной среды, образующем фронт пламени.

При компьютерном моделировании дифференциальные уравнения заменяются дискретными алгебраическими аналогами, определяющими значения искомых функций в узлах расчетной сетки. При переходе к дискретным аналогам контрольные объемы для компонент скорости смещают на полшага соответственно вдоль осей x, r или φ относительно контрольных объемов для давления и других скалярных функций. Такое построение разнесенной, или шахматной, сетки обеспечивает расположение узлов для расчета давления на гранях контрольных объемов, предназначенных для компонент скорости.

Хотя численное решение системы дискретных аналогов выполнялось эффективным методом прогонки, для уточнения искомых величин, входящих в переменные коэффициенты расчетных уравнений, потребовалось значительное число итераций. В каждой итерации по расчетной концентрации C определялось распределение концентраций топлива $c_т$ и окислителя $c_{ок}$ в диффузионном факеле, а затем вычислялась масса сгоревшего топлива $-M_т$, приходящаяся на единицу объема и единицу времени, по дискретному аналогу дифференциального уравнения

$$M_т = \frac{\partial \rho u c_т}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial r \rho v c_т}{\partial r} - \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho D_{эф}\frac{\partial c_т}{\partial x}\right) - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\rho D_{эф}\frac{\partial c_т}{\partial r}\right).$$

Очевидно, что распределение тепловыделения по объему топки пропорционально массе топлива, сгоревшего в каждом контрольном объеме за единицу времени. Оно учитывается при вычислении температурного поля в топке.

Решая системы сеточных дискретных уравнений, можно получить значения неизвестных параметров (компонент скорости, давления, температуры, концентраций и т. д.) в каждом расчетном узле сетки. Все вычисления выполняются на персональном компьютере в процессе нескольких тысяч итераций. Компьютерная программа, разработанная по математической модели, позволила поставить серию вычислительных экспериментов для изучения условий горения и теплообмена в объеме топки, практически недоступном для измерений.

Результаты вычислительных экспериментов

Численно исследовалось горение природного газа в вертикальной водоохлаждаемой топке водонагревателя [3] как в прямоточном, так и закрученном факеле при расходе топлива 24 м^3/ч и коэффициенте избытка воздуха 1,1.

Над цилиндрической частью топки диаметром 510 мм установлен переходный конус, к которому сверху присоединено горелочное устройство, включающее в себя два коаксиальных канала. Центральный канал диаметром 140 мм служит для подачи первичного воздуха (10 % от общего объема). Вторичный воздух проходит со скоростью 14,8 м/с по кольцевому каналу, на выходе из которого установлен лопаточный завихритель, создающий крутку потока. Природный газ подается из сопла горелки по оси центрального канала, вовлекает первичный воздух в струйное течение, воспламеняется и смешивается с вторичным воздухом, образуя диффузионный факел. Диаметр сопел горелки лежит в диапазоне от 5 до 26 мм. Скорость вылета природного газа зависит от диаметра сопла и при его увеличении снижается более, чем на порядок – от 340 до 12,6 м/с.

При численном решении задачи топка разбивалась на контрольные объемы неравномерной расчетной сеткой таким образом, что по длине топки выделялось до 190 расчетных слоев, а по радиусу до 60.

Рассматривались как прямоточный, так и закрученный факел. Как показывают результаты вычислительных экспериментов на рис. 1, при высокой скорости вылета топлива длина вертикального прямоточного факела возрастает с увеличением диаметра сопла и соответствующем уменьшением скорости, но в заметно в меньшей степени, чем длина горизонтального факела в таких же условиях.

Рис. 1. Зависимость длины вертикального прямоточного факела от скорости вылета природного газа из сопла горелки

Более того, при скорости вылета природного газа ниже 25 м/с длина факела, направленного вниз, перестает возрастать и даже несколько уменьшается, что объясняется действием выталкивающей силы в неизотермической среде.

Эти же результаты представлены на рис. 2 в виде безразмерной зависимости отношения длины факела к диаметру сопла от числа Фруда. Оказалось, что на кривой рис. 2 можно выделить два участка. Первый участок при низких значениях числа Фруда (Fr < 10000) описывается уравнением

$$l'_\phi = 21{,}9\ \mathrm{Fr}^{0{,}198},$$

показатель степени в котором близок к опубликованному значению. Отсюда можно сделать вывод о достаточно хорошем соответствии результатов вычислений экспериментальным данным [2], что свидетельствует об адекватности разработанной математической модели.

Второй участок кривой при высоких значениях числа Фруда (Fr > 30000) описывается уравнением с меньшим показателем степени;

$$l'_\phi = 79{,}8\ \mathrm{Fr}^{0{,}0635}$$

Он создает плавный переход от первого участка кривой с заметным влиянием числа Фруда к области, в которой влияние подъемной силы практически не проявляется. Наличие такого перехода к теоретически предсказуемому режиму горения, характерному для горизонтального факела, также свидетельствует об адекватности математической модели.

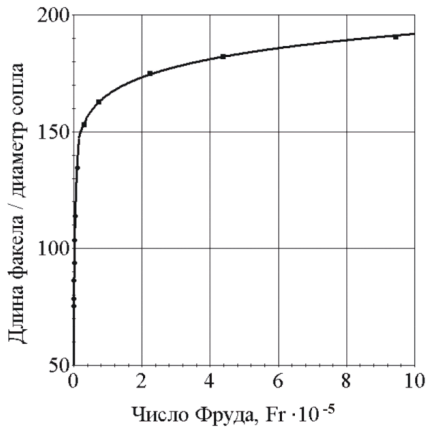


Рис. 2. Безразмерная зависимость отношения длины вертикального прямоточного факела к диаметру сопла от числа Фруда

Чтобы оценить влияние крутки вторичного воздуха на длину и форму вертикального диффузионного факела, выполнена серия вычислительных экспериментов для разных диаметров

сопла горелки и, следовательно, разной скорости вылета топлива при углах наклона направляющих лопаток, создающих крутку вторичного воздуха, от 10° до 45°.

Результаты численных исследований представлены на рис. 3 в виде графической зависимости отношения длин закрученного и прямоточного факела l''_ϕ / l'_ϕ от относительной крутки, вычисленной по соотношению массовых скоростей – окружной скорости крутки воздуха $(\rho w)_в$ и вертикальной скорости вылета топлива $(\rho u)_т$ из сопла горелки, при различных углах наклона направляющих лопаток.

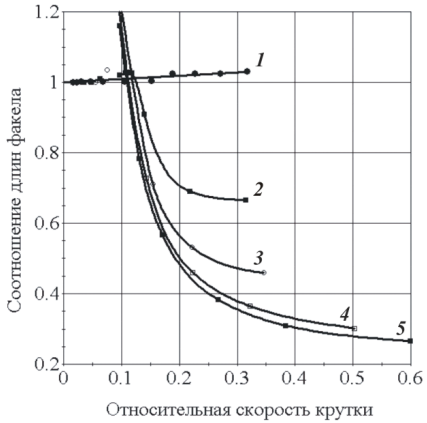
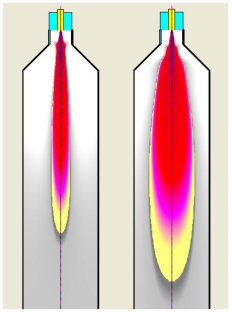


Рис. 3. Безразмерная зависимость отношения длин закрученного l''_ϕ и прямоточного l'_ϕ факела от относительной крутки воздуха при углах наклона лопаток:
1 – 10°, *2* – 20°, *3* – 30°, *4* – 40°, *5* – 45°

Оказалось, что при угле наклона лопаток 10° длина факела мало зависит от степени крутки. В этом случае при возрастании относительной крутки факел не только не укорачивается, а даже немного удлиняется (примерно до 2 %), как показывает кривая 1 на рис. 3. Та же зависимость сохраняется и при других углах наклона лопаток в области малых значений относительной крутки (при $(\rho w)_в/(\rho u)_т < 0.1$). Более того, при соотношении массовых скоростей $(\rho w)_в/(\rho u)_т \approx 0.1$ проявляется тенденция к резкому возрастанию длины закрученного факела (примерно до 20 %) с последующим переходом к укорочению факела при дальнейшем повышении относительной крутки (см. кривые 3, 4 и 5 на рис. 3).

Интересно проследить за изменением формы диффузионного закрученного факела. Результаты численного моделирования представлены не только в табличном, но и в графическом виде. Цветное графическое изображение на экране компьютера сопровождается показом палитры цветов, каждый из которых определяет уровень концентрации топлива. Таким способом наглядно изображен процесс горения природного газа в вертикальной топке.

На рис. 4 показаны два факела, образовавшиеся при истечении природного газа из сопла диаметром 8 мм, первый из которых (рис 4*а*) прямоточный, а второй (рис. 4*б*) закручен под углом 30° при относительной скорости крутки $(\rho w)_в/(\rho u)_т \approx 0.1$. Прямоточный факел сконцентрирован в узкой области вдоль оси топки, в то время как закрученный факел заметно расширен относительно оси топки и удлинен.



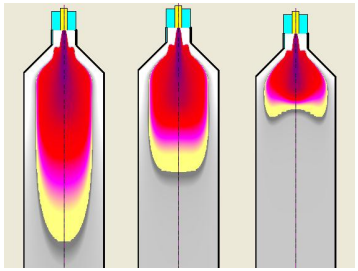
а *б*

Рисунок 4. Форма факела при вылете природного газа из сопла диаметром 8 мм:
а – прямоточный факел, *б* – факел закручен под углом 30°

В то же время кривые 2 – 5 на рис. 3 показывают, что в области изменения относительной скорости крутки от 0,1 до 0,2 происходит резкое уменьшение длины диффузионного факела, а в приосевой области топки под факелом возникает возвратное движение газов, создающее циклонный эффект. Так как возрастание относительной крутки в вычислительном эксперименте происходит при постоянной значении окружной скорости воздуха $w_в$ только за счет увеличения диаметра топливного сопла, то в этом случае создается впечатление, что снижение скорости вылета топлива $u_т$ приводит к укорачиванию закрученного факела,

При дальнейшем увеличении степени крутки длина факела снижается в меньшей мере и постепенно приходит к некоторой минимальной величине, зависящей от угла наклона направляющих лопаток. Форма факела вблизи минимума его длины представлена на рис. 5. Во всех трех случаях образуется широкий факел (см. рис. 5, *а*, *б*, *в*), хорошо заполняющий поперечное сечение топки. Минимальную длину имеет факел при угле закрутки 45° (см. рис. 5, *в*).

Таким образом, выявлены сложные количественные закономерности влияния крутки на длину и форму диффузионного факела в вертикальной топке. Как показало исследование режимов теплообмена [4], короткий диффузионный факел, закрученный направляющими лопатками под углом 45°, обеспечивает требуемую интенсивность охлаждения продуктов горения природного газа в топке водонагревателя.



а *б* *в*

Рис. 5. Форма закрученного факела в области его минимальной длины при угле наклона направляющих лопаток:
а – 20°, *б* – 30°, *в* – 45°

Выводы

1. Выполнено численное исследование горения природного газа в прямоточном диффузионном факеле в вертикальной цилиндрической топке при наличии выталкивающей силы, подтвердившее адекватность математической модели.

2. Получены новые количественные закономерности, раскрывающие сложный характер влияния крутки потока воздуха на горение природного газа в вертикальном закрученном факеле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубаев П.А., Кузнецов В.А., Беседин П.В. Методы компьютерного моделирования горения и теплообмена во вращающихся печах. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 230 с.

2. Семикин И.Д., Аверин С.И., Радченко И.И. Топливо и топливное хозяйство металлургических заводов. – М.: Металлургия, 1965. – 392 с.

3. Губарев А.В., Кулешов М.И. Варианты компоновки радиационной части конденсационного водогрейного котла // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 1. – С. 182–184.

4. Сухорослова В.В., Кузнецов В.А. Результаты численного моделирования горения и теплообмена в топке водонагревателя // Энергетика и энергоэффективные технологии: межвуз. сб. статей. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – Вып.1. Часть 2. – С. 138 – 142.

Лёвкин В. Н., ст. преп.,
Дубровин В. И., канд. техн. наук, проф.
Запорожский национальный технический университет

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ

vliovkin@gmail.com

Рассмотрена проблема принятия решений при управлении инвестициями. Существующие решения данной проблемы не позволяют управлять инвестициями комплексно: одновременно реальными и финансовыми.

Приведена постановка задачи принятия решений при управлении инвестициями, которая позволяет распределять инвестиционные средства между реальными и финансовыми инвестициями на основе максимизации прибыли с минимизацией максимального допустимого уровня риска неуспеха.

Модифицирован способ вычисления риска неуспеха портфеля ценных бумаг с использованием D-оценок Руссмана, первая составляющая которого учитывает критическую текущую доходность.

Ключевые слова: *реальные инвестиции, финансовые инвестиции, риск неуспеха, оптимальное стохастическое управление, принятие решений, портфель ценных бумаг.*

ВВЕДЕНИЕ

Принятие решений при управлении инвестициями является важным процессом, результат которого влияет как на развитие субъектов инвестиционной деятельности и в частности на их финансовое состояние, так и на развитие всей страны, что требует использования системного подхода к рассматриваемой проблеме принятия решений при управлении инвестициями.

Под инвестициями понимают деньги, целевые банковские вклады, паи, акции и ценные бумаги (ЦБ), технологии, машины и оборудование, кредиты, любую другую собственность или права на собственность, интеллектуальные ценности, которые вкладываются в объекты предпринимательской и других видов деятельности для получения прибыли и достижения позитивного социального эффекта [1]. По признаку цели вложения капитала различают реальные и финансовые инвестиции.

Реальные инвестиции [2] – обычно долгосрочное вложение средств в материальную сферу для производства продукции. Они предназначены для вложения средств в создание новых, реконструкцию и техническое переоборудование действующих предприятий.

Финансовые инвестиции – вложения в финансовые инструменты: акции, облигации, другие ЦБ и банковские депозиты, активы других предприятий.

Возникновение и оборот финансового капитала непосредственно связаны с функционированием реального капитала, то есть финансовые инвестиции непосредственно связаны с реальными, что позволяет, исходя из теории систем, рассматривать процесс управления инвестициями в качестве сложной взаимосвязанной системы. При этом если реальные инвестиции как правило осуществляются на долгий срок, то финансовые могут относиться как к долгосрочным, так и к краткосрочным.

Таким образом, проблема принятия решений при управлении инвестициями комплексно (одновременно реальными и финансовыми) является актуальной и её решение должно позволить повысить эффективность процесса инвестирования.

1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ

Патентный поиск позволил выделить набор методов и средств, которые предоставляют возможность управлять портфелем ЦБ и реальными инвестициями.

Методы и средства управления реальными инвестициями не позволяют решить данную проблему на этапе выбора из множества предложенных альтернатив с возможностью не только планировать затраты и длительность реального инвестирования, но и прогнозировать отклонение затрат и длительности выполнения от запланированных значений, основываясь на возможных рисках процесса инвестирования: отклонение от плана фиксируется только по факту.

Патент № 7512555 US [3] выдан на инструментарий управления инвестициями, который предоставляет инвестору возможность формировать и управлять портфелем инвестиций на основе собственных требований. Данная система использует динамически связанные и сконфигурированные блоки портфелей для конструирования и управления иерархией портфелей.

Автоматизированная система управления инвестициями представлена в патенте № 2316819 RU [4]. Система содержит запоминающее устройство для хранения стоимости счёта предоставляемых активов и связанное с ним устройство управления акциями актива, и бро-

керский модуль, соединённый с устройством управления активом и сконфигурированный для определения возможности покупки как минимум нескольких акций из набора.

Существующие постановки задач и соответствующие им методы принятия инвестиционных решений не предоставляют возможность распределять средства между реальными и финансовыми инвестициями и соответственно управлять ними. Кроме того решение проблемы принятия инвестиционных решений связано с необходимостью прогнозирования результатов выполнения реального инвестирования и оптимизации портфелей ЦБ.

В данной работе необходимо выполнить математическую постановку задачи принятия решений при управлении инвестициями, которая должна позволить распределять средства и управлять одновременно реальными и финансовыми инвестициями, и определить способы вычисления соответствующих показателей данных видов инвестирования.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ

Задача принятия решений при управлении инвестициями является задачей оптимального стохастического управления и направлена на оптимизацию и управление динамической системой при наличии ограничений на управление.

Пусть $Q = N_1 + N_2$ – общее количество направлений реального инвестирования или инвестирования в портфель ЦБ, N_1 – количество рассматриваемых направлений реального инвестирования, а N_2 – количество вариантов стандартного размещения временно свободных средств, которые должны быть направлены на реальное инвестирование.

Управляющее воздействие на каждое из направлений инвестирования или вложения инвестиций в портфель ЦБ может равняться 0 или 1 (направить средства на реальное инвестирование или аналогичное ему финансовое). Элементы пространства управлений $U = (U_1, U_2, ..., U_T)$ определяют текущее управляющее воздействие U_t в момент времени $t = 1, 2, ..., T$: $U_t = (U_1^t, ..., U_Q^t, U_{Q+1}^t, ..., U_{2\times Q}^t)$, где $U_1^t, ..., U_Q^t = \{0,1\}$ – управляющее воздействие в момент времени t на каждое из $i = 1 \ldots Q$ направлений реального инвестирования или способов стандартного размещения временно свободных средств, которые должны быть направлены на реальное инвестирование; $U_{Q+1}^t, ..., U_{2\times Q}^t = \{0,1\}$ – управляющее воздействие в момент времени t на каждое из $i = Q+1 \ldots 2Q$ направлений инвестирования в портфель ЦБ.

Пространство возмущений ϖ представляет неопределённость, с которой сталкивается лицо, принимающее решение, в процессе управления. Возмущение ϖ является элементом некоторого вероятностного пространства (W, W_Σ, P), где W – пространство возмущений, W_Σ – δ-алгебра подмножеств из W и задано распределение $P(d\varpi \mid x, u)$.

Вектор ϖ состоит из элементов, которые представляют вектор случайных возмущений, обусловленных соответственно отклонением в: прогнозированном и фактическом значении риска неуспеха реального и финансового инвестирования; прогнозированных и фактически полученных результатах отклонения фактического объёма (и длительности) инвестиций от запланированного; прогнозированном и фактическом уровне доходности инвестирования в портфель ЦБ, а также вектора случайных возмущений, обусловленных неточностью экспертных оценок приоритетности направлений реального инвестирования.

Задача принятия решений при управлении инвестициями состоит в нахождении такой стратегии управления U на множестве допустимых решений Ω, которая максимизирует прибыль $B(U_t, x_t, \varpi)$, полученную от вложения на период времени T объёма средств S_0 в реальные инвестиции и портфели ЦБ и стандартного размещения временно свободных средств, которые должны быть направлены на реальное инвестирование, характеризующееся пространством состояний x при неопределённости ϖ, и минимизирует максимальный допустимый уровень риска неуспеха $R(U_t, x_t, \varpi)$:

$$\sum_{t=0}^{T} \underset{\varpi}{M}\{B(U_t, x_t, \varpi)\} \to \max_{U\in\Omega}, \quad (1)$$

$$\max_{t=0\ldots T} \underset{\varpi}{M}\{R(U_t, x_t, \varpi)\} \to \min_{U\in\Omega}, \quad (2)$$

где $\underset{\varpi}{M}\{...\}$ – математическое ожидание соответствующей величины.

При этом длительность инвестирования $T(x_i^t)$ и затрат $I(x_i^t)$ на реальное инвестирование должны равняться длительности и объёму средств, которые инвестируются в портфель ЦБ:

$$\sum_{t=0}^{T} I(x_i^t) = \sum_{t=0}^{T} I(x_{Q+i}^t), \quad (3)$$

$$T(x_i^t) = T(x_{Q+i}^t), i = 1..Q. \quad (4)$$

Общий объём затрат на инвестирование на протяжении периода T не должен превышать общий объём наличных инвестиций S_0:

$$\sum_{i=1}^{N_1}(\sum_{t=0}^{T} U_i^t I(x_i^t)) + \sum_{i=Q+1}^{Q+N_1}(\sum_{t=0}^{T} U_i^t I(x_i^t)) \le S_0 . \quad (5)$$

Период выполнения каждого направления инвестирования не должен превышать плановый период T:

$$\forall i, t: t + T(x_i^t) \le T,\ i = 1...2Q, t = 0...T. \quad (6)$$

Ограничение на вектор управляющего воздействия:

$$U_i^t \oplus U_{Q+i}^t = 1,\ i = 1...Q. \quad (7)$$

Постановка задачи принятия решений при управлении инвестициями (1)–(2) с ограничениями (3)–(7), решение которой выполнено с помощью соответствующего метода [5], определяет необходимость прогнозирования показателей объёма и длительности реального инвестирования и риска неуспеха реального и финансового инвестирования.

Риск неуспеха реального инвестирования при этом рассматривается как вероятность принадлежности данного направления к классу неуспешных (тех, для которых фактические затраты и длительность превысили плановые показатели). Для прогнозирования отклонения фактических показателей (объема и длительности) реального инвестирования от плановых и его риска неуспеха предложены соответствующие методы на основании искусственных нейронных сетей. Рассмотрим детально способ определения риска неуспеха финансового инвестирования на основе модифицированного метода принятия решений при управлении портфелем ЦБ на основе D-оценок Руссмана [6].

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА НЕУСПЕХА ФИНАНСОВОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ D-ОЦЕНОК РУССМАНА

Риск неуспеха финансового инвестирования определяется следующим образом [7]:

$$d(t) = max\{ d_1(t), d_2(t)\},\ d(t) \in [0,1] , \quad (8)$$

$$d_1(t) = \frac{(V_{max}t - f(t))(A_{pl} + V_{min}t - V_{min}t_{pl} - f(t))}{t(A_{pl} - V_{min}t_{pl})(V_{max} - V_{min})}, \quad (9)$$

$$d_2(t) = \frac{(V_{max}t - f(t))(A_{pl} + V_{min}t - V_{min}t_{pl} - f(t))}{(t_{pl} - t)(V_{max}t_{pl} - A_{pl})(V_{max} - V_{min})}. \quad (10)$$

Геометрическая интерпретация управления системой достижения цели на основе D-оценок Руссмана представлена на рис. 1. Прямые *OB* и *OD* соответствуют траектории движения системы с максимальной и минимальной возможной скоростью на протяжении планового периода. В процессе управления портфелем ЦБ обычно минимальная скорость оказывается отрицательной.

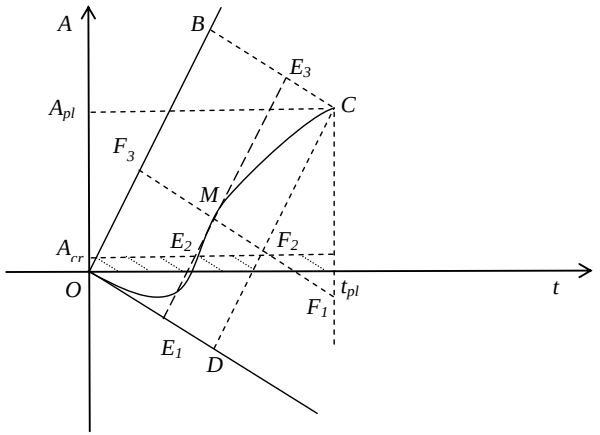


Рис. 1. Геометрическая интерпретация риска неуспеха финансового инвестирования

OC – ожидаемая траектория движения системы к цели, которая определяется согласно модифицированному методу принятия решений при управлении портфелями ЦБ [6] на основании метода группового учёта аргумента, а точка $M(t_0, f(t_0))$ – произвольная точка данной кривой $A = f(t)$. Точка *C* соответствует плановому результату системы A_{pl} в момент времени t_{pl}. Пря-

мые *BC* и *CD* проведены параллельно соответственно *OD* и *OB* через точку *C*. Первая составляющая сложности достижения цели системой находится на уровне 0 на прямой *BC*, которая определяет положение системы, при котором движения с минимальной скоростью достаточно для достижения цели.

В данном случае считается одинаково неблагоприятным результат, который находится на прямых *CD* (d_2 = 1, так как достичь запланированного результата из положения на данной прямой можно только двигаясь с максимальной скоростью), и тот, который находится на прямой *Ot* (d_1 = 1). Инвестор, стремящийся избежать убытков, старается избежать не просто движения с отрицательной скоростью, так как такого движения из-за экономической природы избежать невозможно, а именно избежать получения текущего результата, который приближается к нулевому. Исходя из данного предположения, возникает необходимость установления сложности, равной 1, на уровне критической текущей доходности ($A = A_{cr}$).

Если $\mu \in (0;1]$ – безразмерная оценка качества ресурса, $\varepsilon \in [0;1)$ – нижняя граница требований к качеству ресурса, а ресурс считается допустимым, если $\mu \geq \varepsilon$, то сложность достижения цели (риск неуспеха) задаётся следующим соотношением [8]:

$$d = \frac{\varepsilon(1-\mu)}{\mu(1-\varepsilon)}, \mu \geq \varepsilon. \quad (11)$$

Для первой составляющей риска неуспеха величины ε_1 и μ_1 определяются как:

$$\varepsilon_1 = \frac{|E_1E_2|}{|E_1E_3|}, \quad (12)$$

$$\mu_1 = \frac{|E_1M|}{|E_1E_3|}. \quad (13)$$

Если подставить значения, полученные с помощью выражений (12) и (13), в (11), то будет получено выражение для определения первой составляющей риска неуспеха:

$$d_1 = \frac{|E_1E_2|(|E_1E_3| - |E_1M|)}{(|E_1E_3| - |E_1E_2|)|E_1M|}. \quad (14)$$

Прямая *OB* характеризуется уравнением $A = V_{\max} t$, прямой *OD* соответствует уравнение $A = V_{\min} t$, а прямая E_1E_3 проведена параллельно *OB* и проходит через точку *M*, а значит определяется уравнением $A = V_{\max}(t - t_0) + f(t_0)$. Прямая *BC* проходит параллельно *OD* через точку *C* (t_{pl}, A_{pl}), а значит определяется уравнением $A = V_{\min}(t - t_{pl}) + A_{pl}$. Точка E_1 лежит на пересечении прямой *OD* с прямой E_1E_3, а значит ей соответствуют координаты $(\frac{V_{\max}t_0 - f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}}, V_{\min}\frac{V_{\max}t_0 - f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}})$.

Аналогично определяются координаты точек E_2 $(\frac{A_0 - f(t_0) + V_{\max}t_0}{V_{\max}}, A_0)$ и E_3 $(\frac{A_{pl} + V_{\max}t_0 - V_{\min}t_{pl} - f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}}, \frac{A_{pl}V_{\max} + V_{\max}V_{\min}t_0 - V_{\max}V_{\min}t_{pl} - V_{\min}f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}})$.

На основе полученных координат можно определить длины отрезков E_1E_2, E_1E_3, E_1M:

$$|E_1E_2| = \frac{|V_{\min}V_{\max}t_0 - V_{\min}f(t_0) - V_{\max}A_0 + V_{\min}A_0|}{V_{\max}(V_{\max} - V_{\min})}\sqrt{1 + V_{\max}^2},$$

$$|E_1E_3| = \frac{|A_{pl} - V_{\min}t_{pl}|}{V_{\max} - V_{\min}}\sqrt{1 + V_{\max}^2},$$

$$|E_1M| = \frac{f(t_0) - V_{\min}t_0}{V_{\max} - V_{\min}}\sqrt{1 + V_{\max}^2}.$$

Если подставить полученные значения длин отрезков в (14), то будут получены значения первой составляющей d_1:

$$d_1(t) = \frac{(V_{max}A_{cr} - V_{min}A_{cr} - V_{min}V_{max}t + V_{min}f(t))}{(A_{pl}V_{max} - V_{min}V_{max}t_{pl} - V_{max}A_{cr} + V_{min}A_{cr} + V_{min}V_{max}t - V_{min}f(t))} \times \frac{(A_{pl} - V_{min}t_{pl} - f(t) + V_{min}t)}{(f(t) - V_{min}t)} \quad (15)$$

Вторая составляющая, как и в существующем подходе, определяется с помощью (10).

Таким образом, для вычисления риска неуспеха на основании (8) с учётом текущей критической доходности можно использовать выражения (10) и (15).

ВЫВОДЫ

Существующие методы принятия решений при управлении инвестициями не позволяют распределять инвестиционные средства между реальными и финансовыми инвестициями, то есть управлять инвестициями комплексно. Реальные инвестиции характеризуются долгосрочностью, в то время как финансовые инвестиции (в портфели ценных бумаг), происходят как на короткий, так и на длительный период.

Научная новизна статьи состоит в следующем:

– приведена постановка задачи принятия решений при управлении инвестициями, которая позволяет распределять инвестиционные средства между реальными и финансовыми инвестициями на основе максимизации прибыли и минимизации максимального допустимого уровня риска неуспеха и включает в себя определение прогнозированных показателей реального и финансового инвестирования;

– модифицирован способ вычисления риска неуспеха портфеля ценных бумаг на основе D-оценок сложности Руссмана, в котором учитывается критическая текущая доходность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шарп, У.* Инвестиции : пер. с англ. / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 1028 с.

2. *Greer, G.E.* Investment Analysis For Real Estate Decisions : 7 Edition / Gaylon E. Greer. – Chicago : Dearborn Financial Publishing, 2009. – 552 p.

3. *Pat. 7512555 US*, IPC G06Q 99/00. Investment management tool / Finn ; Gregory M. – Appl. No. 10/292,079 ; published 31.03.2009 ; filed 12.11.2002. – Режим доступа : http://patimg1.uspto.gov/.piw?Docid=7512555.

4. *Пат. 2316819 РФ*, МПК G06Q40/00. Система для создания инвестиционного инструмента в виде набора представляемых активов и его акций / Вейс Аллан Н. ; патентообладатель : МакроМакитс эЛэЛСи (US). – Заявка № 2003129533/09 ; заявл. 01.03.2002 ; опубл. 27.04.2005. – Режим доступа : http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7121&DocNumber=231681.

5. *Льовкін, В.М.* Прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Системи обробки інформації. – 2012. – № 2 (100). – С. 264–270.

6. *Льовкін, В.М.* Формування інвестиційного портфеля в умовах нестабільного фондового ринку / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2011. – № 51. – С. 145–149.

7. *Берколайко, М.З.* Использование D-оценок Руссмана для управления портфелем активов / М.З. Берколайко, И.Л. Каширина, К.Г. Иванова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Системный анализ и информационные технологии. – 2008. – №1. – С. 102–110.

8. *Берколайко, М.З.* О некоторых методах формирования и управления портфелем активов. Часть 2 / М.З. Берколайко, И.Б. Руссман // Экономическая наука современной России. – 2004. – №2. – С. 25-36.

Синюк В. Г., канд. техн. наук, доц.,
Поляков В. М., канд. техн. наук, доц.,
Анищенко А. И., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОБ ОДНОМ ГИБРИДНОМ АЛГОРИТМЕ НЕЧЁТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ*

vgsinuk@mail.ru

Нечёткая кластеризация является важнейшей проблемой и предметом активных исследований в различных областях. Нечёткий алгоритм С-среднего один из самых популярных методов нечёткой кластеризации (FCM). Однако FCM чувствителен к инициализации и легко попадает в локальные оптимумы. Во многих задачах оптимизации используется Particle Swarm Optimization (PSO) – инструмент глобальной стохастической оптимизации. В данной статье предлагается гибридный нечёткий метод оптимизации, базируемый на FCM и нечёткой PSO (FPSO), который использует достоинств обоих алгоритмов. Эксперименты показывают, что предлагаемый метод эффективен и может показывать хорошие результаты.

Ключевые слова: *FCM, FPSO, нечёткая кластеризация, гибридный алгоритм.*

Введение

Кластеризация – это процесс сопоставления объектов данных с набором непересекающихся групп называемых кластерами так, чтобы объекты в каждом кластере были более похожи друг на друга, чем на объекты других кластеров.

С-среднего – это один из самых популярных жёстких алгоритмов кластеризации, который распределяет объекты данных на С кластеров (К-количество кластеров).

Нечёткие алгоритмы кластеризации могут отнести объект данных частично к нескольким кластерам. Степень принадлежности к нечёткому кластеру зависит от близости объекта к центру кластера. Самым популярным нечётким алгоритмом кластеризации является нечёткое С-среднее (FCM). Особенностью этого алгоритма является случайный выбор центральных точек, что заставляет итеративный процесс легко попадать в локальные оптимумы. Для решения этой задачи в последнее время успешно применяются эволюционные алгоритмы, такие как генетические, имитация отжига, муравьиные колонии и роя частиц.

Оптимизация роя частиц (PSO) – это средство оптимизации, основанное на популяции, которое может быть реализовано и легко применено для решения различных задач функциональной оптимизации. В данной статье предлагается алгоритм нечёткой кластеризации, основанный на FCM и FPSO , называемый FCM-FPSO. Результаты эксперимента на двух наборах данных показывают, что алгоритм FCM-FPSO превосходит FCM и FPSO алгоритмы.

В [1], для преодоления недостатков нечёткого С-среднего, рассмотрен нечёткий алгоритм кластеризации основанный на PSO. Предложенный алгоритм использует возможности глобального поиска в алгоритме PSO, чтобы преодолеть недостатки FCM.

В [2], предложен генетический нечёткий К-режимный алгоритм для кластеризации наборов данных. Авторы отнеслись к нечёткой кластеризации, как к задаче оптимизации, и использовали генетический алгоритм для решения проблемы с целью получения глобального оптимального решения. Для ускорения процесса сходимости алгоритма они использовали одношаговый нечёткий К-режимный алгоритм в операторе перехода, вместо традиционного оператора перехода.

В [3], предложили гибридный алгоритм кластеризации данных на основе PSO и KHM , который использует достоинства обоих алгоритмов. Предлагаемый метод позволяет не только избежать попадания KHM в локальные оптимумы, но и убирает проблему медленной сходимости алгоритма PSO.

В [4], авторы используют нечёткий алгоритм С-среднего, основанный на Пикараитерации и PSO (PPSO-FCM), для преодоления недостатков FCM алгоритма.

Алгоритм нечетких С-средних

Шаг 1. Установить параметры алгоритма: c - количество кластеров; m - экспоненциальный вес; ε - параметр останова алгоритма.

Шаг 2. Случайным образом сгенерировать матрицу нечеткого разбиения $\mathbf{F}$.

Шаг 3. Рассчитать центры кластеров:

$$V_i = \frac{\sum_{k=\overline{1,N}} (\mu_{ki})^m \cdot X_k}{\sum_{k=\overline{1,N}} (\mu_{ki})^m}, \quad i = \overline{1,c}.$$

Шаг 4. Рассчитать расстояния между объектами из $\mathbf{X}$ и центрами кластеров:

$$D_{ki} = \sqrt{\|X_k - V_i\|^2}, \quad k = \overline{1,M}, \quad i = \overline{1,c}.$$

Шаг 5. Пересчитать элементы матрицы нечеткого разбиения ($i = \overline{1,c}$, $k = \overline{1,M}$):

если $D_{ki} > 0$:

$$\mu_{ki} = \frac{1}{\left(D_{ik}^2 \cdot \sum_{j=\overline{1,c}} \frac{1}{D_{jk}^2} \right)^{1/(m-1)}}$$

если $D_{ki} = 0$:

$$\mu_{kj} = \begin{cases} 1, & j = i \\ 0, & j \neq i \end{cases}, \quad j = \overline{1,c}.$$

Шаг 6. Проверить условие $\|\mathbf{F} - \mathbf{F}^*\|^2 < \varepsilon$, где $\mathbf{F}^*$ - матрица нечеткого разбиения на предыдущей итерации алгоритма. Если "да", то перейти к шагу 7, иначе - к шагу 3.

Шаг 7. Конец.

В приведенном алгоритме самым важным параметром является количество кластеров (c). Правильно выбрать количество кластеров для реальных задач без какой-либо априорной информации о структурах в данных достаточно сложно. Существует два формальных подхода к выбору числа кластеров.

Вторым параметром алгоритма кластеризации является экспоненциальный вес (m). Чем больше m, тем конечная матрица нечеткого разбиения $\mathbf{F}$ становится более "размазанной", и при $m \to \infty$ она примет вид $\mathbf{F} = [1/c]$, что является очень плохим решением, т. к. все объекты принадлежат ко всем кластерам с одной и той же степенью. Кроме того, экспоненциальный вес позволяет при формировании координат центров кластеров усилить влияние объектов с большими значениями степеней принадлежности и уменьшить влияние объектов с малыми значениями степеней принадлежности. На сегодня не существует теоретически обоснованного правила выбора значения экспоненциального веса. Обычно устанавливают $m = 2$.

Алгоритм оптимизации роя частиц

В FPSO алгоритме позиция частицы, отображается нечётким отношением набора данных к набору центров кластеров. Значения X можно выразить следующим образом:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & & & \\ x_{M1} & x_{M2} & \cdots & x_{Mn} \end{bmatrix}$$

В каждой позиции ij располагается функция принадлежности i обьекта к j кластеру с установленными ограничениями. Поэтому матрица позиций для каждой частицы такие же, как нечёткая матрица в FCM алгоритме.

Частота для каждой частицы устанавливается используя матрицу, размер которой N*C . Для обновления позиций и частот частиц используем следующие выражения, основанные на матричных операциях.

V(t+1) = w*V(t)+(c1*r1)*(pbest(t)-X(t))+(c2*r2)*(gbest(t)-X(t))

X(t+1) = X(t)+V(t+1)

В FPSO алгоритме, как и в других алгоритмах, нам нужна функция для оценки обобщенных решений, называемая функцией пригодности.

$$\sum_{i=\overline{1,c}} \sum_{k=\overline{1,N}} (\mu_{ki})^m \cdot \|V_i - X_k\|^2$$

Рассмотрим алгоритм, реализующий данный подход.

Шаг 1. Инициализировать параметры размера включения популяции P,C1,C2,W и максимальное число итераций.

Шаг 2. Создать популяцию с P частицами

Шаг 3. Инициализировать X,V,pbest для каждой частицы и gbest для всего роя.

Шаг 4. Вычислить центры кластеров для каждой частицы

Шаг 5. Вычислить пригодные значения для каждой частицы

Шаг 6. Вычислить pbest для каждой частицы

Шаг 7. Вычислить gbest для всей спопуляции

Шаг 8. Обновить матрицу частот для каждой частицы

Шаг 9. Обновить матрицу позиций для каждой частиц

Шаг 10. Если условие остановки не выполнено, к шагу 4.

Условие остановки в предлагаемом методе – достижение максимального числа итераций или не улучшение gbest.

Гибридный нечёткий алгоритм С-среднего и оптимизации роя частиц для кластеризации.

FCM алгоритм быстрее FPSO алгоритма, так как вычисляется меньше функций. Однако он обычно попадает в локальные минимумы. В нашем случае FCM алгоритм объединится с FPSO алгоритмом для формирования гибридного алгоритма кластеризации, называемого FCM-FPSO, который сохранит достоинства обоих алгоритмов. FCM-FPSO алгоритм применяет FCM для частиц в стае на каждой итерации так , что пригодное значение для каждой частицы улучшается.

Шаг 1. Инициализировать параметры размера включения популяции P,C1,C2,W и максимальное число итераций.

Шаг 2. Создать популяцию с P частицами

Шаг 3. Инициализировать X,V,pbest для каждой частицы и gbest для всей популяции

Шаг 4. FPSO алгоритм:

a) вычислить центры кластеров для каждой частицы

b) вычислить пригодное значение для каждой частицы

c) вычислить pbest для каждой частицы

d) вычислить gbest для всего роя

e) обновить матрицу частот для каждой частицы

f) обновить матрицу позиций для каждой частицы

g) если условие остановки не выполнено, то к шагу 4

Шаг 5. FCM алгоритм:

a) вычислить центры кластеров для каждой частицы

b) вычислить расстояние Эвклида для каждой частицы

c) пересчитать функцию принадлежности

d) вычислить gbest для роя

e) если условие остановки FCM не выполнено, то к шагу 5

Шаг 6. Если условие остановки FCM-FPSO не выполнено, то к шагу 4.

Оценка результатов. Энтропия. В качестве оценки результата кластеризации берут функцию пригодности. В наших экспериментах мы будем использовать еще один параметр оценки. Энтропия известна как численное выражение упорядоченности системы. Энтропия разбиения достигает минимума при наибольшей упорядоченности в системе, поэтому мы можем использовать этот параметр для оценки качества кластеризации. В [5] описан способ вычисления модифицированной энтропии, в котором конечный результат не зависит от количества кластеров.

Выбор данных. В качестве тестовых данных возьмем набор точек (бабочка) и набор городов России. В первом случаи это 9 объектов с двумя характеристиками, а во втором 17 городов с шестью характеристиками.

Вычислительный эксперимент

Результаты работы процедур кластеризации для точек типа 1 при разбиение на 3 кластера.

	FCM			FPSO			FCM-FPSO		
	худ-шее	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**
Набор (17,2,6)	121	118	113	91.9	84.4	73.7	81.2	75.9	70.2
Энтропия	0.32	0.24	0.17	0.11	0.05	0	0.07	0.03	0

Результаты работы процедур кластеризации для точек типа 1 при разбиение на 2 кластера.

	FCM			FPSO			FCM-FPSO		
	худ-шее	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**
Набор (17,2,6)	117	113	110	98.9	94.4	88.7	91.2	85.9	80
Энтропия	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.1	0.15	0.12	0.09

Результаты работы процедур кластеризации для точек типа 2 при разбиение на 2 кластера.

	FCM			FPSO			FCM-FPSO		
	худ-шее	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**
Набор (17,2,6)	1821	1717	1698	291	243	189	270	190	147
Энтропия	0.5	0.44	0.37	0.19	0.15	0.12	0.19	0.13	0.1

Результаты работы процедур кластеризации для точек типа 2 при разбиение на 3 кластера.

	FCM			FPSO			FCM-FPSO		
	худ-шее	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч-шее**
Набор (17,3,6)	1761	1712	1639	280	221	149	261	160	117
Энтропия	0.45	0.34	0.27	0.09	0.05	0.02	0.08	0.03	0.01

Результаты работы процедур кластеризации для точек типа 2 при разбиение на 4 кластера.

	FCM			FPSO			FCM-FPSO		
	худ-шее	**сред нее**	**Луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч шее**	**худ-шее**	**сред нее**	**луч-шее**
Набор (17,4,6)	1741	1710	1621	278	211	139	260	159	112
Энтропия	0.45	0.34	0.27	0.09	0.05	0.02	0.08	0.03	0.01

Основываясь на результатах экспериментов, можно сказать, что эти алгоритмы работают лучше при следующих настройках: c1=2, c2=2 ,P = 3 ,w = 0,9.

Заключение

Алгоритм нечёткого К-среднего чувствителен к инициализации и легко попадает в локальные оптимумы. В данной статье, для предотвращения недостатков алгоритма нечёткого К-среднего, предложено объединить его с алгоритмом нечёткого роя частиц. Эксперименты на двух наборах данных показали, что предлагаемый гибридный метод является эффективным и может показывать хорошие результаты с учётом качества найденного решения и энтропии.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты №11-01-00359-а; 12-07-000493*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1) Lili Li, Xiyu Liu, Mingming Xu. A novel fuzzy clustering based on particle swarm optimization. First IEEE International Symposium on Information Technologies and Applications in Education, 2007. ISITAE '07. pp. 88-90.

2) Gan G., Wu J., Yang Z. A genetic fuzzy K-modes algorithm for clustering categorical data. Expert Systems with Applications: Vol. 36 Issue 2, March, 2009, pp. 1615-1620.

3) Yang F., Sun T., Zhang C. An efficient hybrid data clustering method based on K-harmonic means, and particle swarm optimization. Expert Systems with Applications: Vol. 36 Issue 6, August, 2009 pp 9847-9852

4) Liu H.C., Yih J.M., Wu D.B., Liu S.W. Fuzzy C-means clustering algorithm based on Picard iteration and particle swarm optimization. In 2008 international workshop on education technology and training 2008 international workshop on geosciences and remote sensing. pp. 838-842.

5) Барсегян А А .Анаиз данных и процессов /А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров. -3-е изд. перераб. и доп.-СПб : БХВ-Петербург, -2009.-512с.

Рядинская Л. В., ассистент,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Лозовая С. Ю., д-р техн. наук, проф.,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОМОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

lozwa@mail.ru

На примере помольных агрегатов малых размеров разработаны модели, предназначенные для исследования и управления энергетическими параметрами помольных устройств. Использование программного обеспечения и, разработанных вычислительных комплексов, выполняющих функции управления технологическим процессом измельчения материалов в помольных устройствах с деформируемой рабочей камерой позволили определить параметры, влияющие на процесс снижения энергетических характеристик устройства.

Один из путей обеспечения эффективного помола и получения готового продукта с заданными свойствами есть организация управления перемещением мелющей загрузки в рабочей камере измельчительного устройства, что непосредственно влияет на сам процесс. Это было реализовано в целом классе помольных устройств с деформируемыми рабочими камерами, в которых использован механизм изменения формы (деформирования) тонкостенных элементов различной конфигурации, заполненных мелющими телами.

Ключевые слова: *мощность, энергетические характеристики, помольные устройства, деформируемые камеры.*

В науке, технике и производстве применяются эффективные методы исследования объектов и процессов [1-3]. Формализованное описание моделируемой системы является важным этапом в научном исследовании. Определение структуры, основных свойств, механизмов взаимодействия и анализ рассматриваемых объектов является необходимым для определения наилучших способов управления процессом при заданных критериях.

При анализе механизмов явлений и способов управления производственными процессами, а также прогнозировании последствий реализации заданных критериев, альтернативой аналитическим методам решений выступают численные методы, реализуемые в различных средах языков программирования.

Для получения математической модели, описывающей изменение мощности в мельницах с различными видами деформируемых помольных камер, с целью оптимизации конструктивных и технологических параметров, определили необходимость использования двух подходов: с точки зрения механики сплошной среды, так как среда сыпучая и физико-химического подхода, т.к. объем камеры заполняет совокупность материала и мелющих тел.

В настоящее время такие задачи решаются в основном при помощи эксперимента. Но, несмотря на очевидные преимущества, физические эксперименты не всегда могут дать исчерпывающей информации. Эффективным способом такого исследования является математическое моделирование и проведение численного эксперимента.

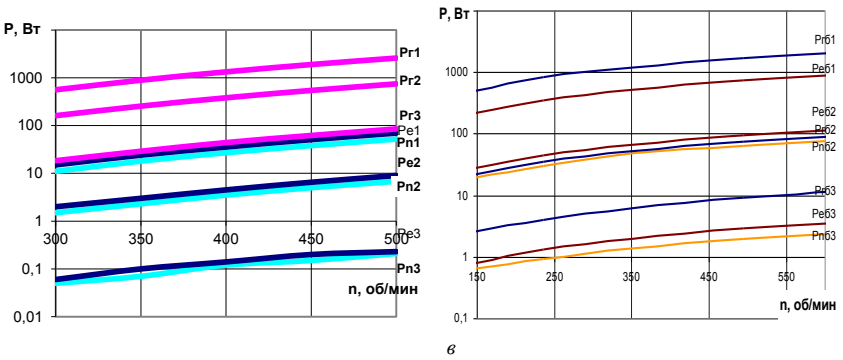
Разработаны математические модели в рамках сплошной среды и с учетом дискретности загрузки, позволяющие исследовать изменение мощности, затрачиваемой на преодоление сил сопротивления смеси мелющих тел и материала в рабочих камерах мельниц сверхтонкого помола от конструктивных и геометрических параметров, а также компьютерные программы, реализующие численные расчеты коэффициента полезного заполнения и методы исследования мощности [4-5].

Программная реализация указанных моделей, позволяет прогнозировать последствия реализации воздействия модельных параметров на технологический процесс, варьировать параметры для оптимизации производственных показателей, что актуально. Компьютерные программы, реализующие численные расчеты и полное исследование модели мощности в широком диапазоне значений параметров, позволили составить качественное представление об их влиянии на технологические параметры процесса измельчения материалов, а также рассчитывать конструктивные параметры, названных помольных устройств при проектировании их модельного ряда [6].

На рисунке 1 представлена графическая зависимость мощности, затрачиваемой на преодоление сил сопротивления перемещению загрузки, от частоты вращения привода для различных типоразмеров рабочих камер. Величина мощности затрачиваемой на преодоление сил F_n, F_e,

примерно равна по значению для каждого типоразмера рабочих камер, а на преодоление силы F_τ примерно на 2 порядка выше, это можно объяснить тем, что скорость загрузки в пристенной зоне выше, т.е. при деформировании стенки камеры увлекают за собой смесь мелющих тел и материала.

а *б*



в

Рис. 1. Графики зависимости мощности от силовых характеристик и от частоты вращения привода (*1 – R=0,15 м; L=0,6 м; 2 - R=0,1 м; L=0,4 м; 3 - R=0,05 м; L=0,2 м*):
а – график зависимости мощности от силовых характеристик и от частоты вращения привода для различных типоразмеров цилиндрической камеры; *б* – график зависимости мощности от силовых характеристик и от частоты вращения привода для различных типоразмеров бочкообразной камеры; *в* – график зависимости мощности от силовых характеристик и от частоты вращения привода для различных типоразмеров бочкообразной и цилиндрической камер.

Графическая зависимость (рис. 2) показывает, что величина мощности, затрачиваемой на преодоление сил F_n, F_e, примерно равна по значению для каждого типоразмера рабочих камер, а на преодоление силы F_τ примерно на 2 порядка выше, это можно объяснить тем, что скорость загрузки в пристенной зоне выше, т.е. при деформировании стенки камеры увлекают за собой смесь мелющих тел и материала.

В рамках дискретной модели рассмотрена задача о расчете мощности, необходимой для приведения в движение по эллиптическим траекториям n – слоев мелющих тел с помощью вращательного движения прижимных валиков. Для построения дискретной модели мощности в зависимости от геометрических и технологических параметров определили величину работы и значение энергии.

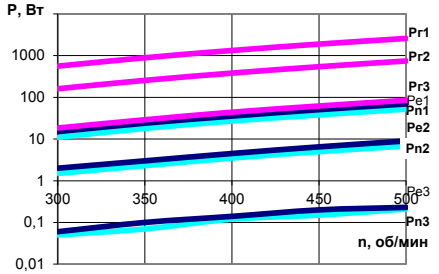


Рис. 2. Графики зависимости мощности от силовых характеристик и от частоты вращения привода для различных типоразмеров цилиндрической камеры (*1 – R=0,15 м; L=0,6 м; 2 - R=0,1 м; L=0,4 м; 3 - R=0,05 м; L=0,2 м*).

Полная величина работы, которую необходимо затратить, чтобы преодолеть силу сопротивления полной загрузки, определяется следующим соотношением:

$$A = \sum_{n=1}^{\kappa-1}\overline{A_n} = \frac{f_n\pi\sqrt{3}m_1\omega_p^2R_p^2d_ш^2}{(\kappa-1)^2(D-d_ш)^2}\sum_{n=1}^{k-1}\kappa_n\psi\ (n)(n-1)^3(1+\delta)\left[\sqrt{3}(n-1)-(1+\delta)\right]. \quad (1)$$

Определили выражение для полной энергии, которую необходимо подвести к деформируемой помольной камере, чтобы предать вращательное движение мелющим телам по эллиптическим траекториям:

$$H = \kappa_1\sum_{n=1}^{k}H_n = \frac{I_1(\varepsilon^2)k_1}{\pi}\sum_{n=1}^{k}M_{1,n}\Omega_n^2\left(a_n-\frac{d_ш}{2}\right)^2. \quad (2)$$

Тогда величина потребляемой мощности при работе помольного агрегата с деформируемой камерой будет определяться соотношением:

$$P = (H + A)\omega_{пр}. \quad (3)$$

H - полная энергия мелющих тел (шаров):

$$H = E_1N_ш(\delta)\kappa_1, \quad (4)$$

E_1 - энергия одного шара, находящегося в наружном слое, $N_ш(\delta)$ - количество шаров в поперечном сечении камеры помола, κ_1 - число шаров вдоль помольной камеры, δ - степень деформации рабочей помольной камеры.

Таким образом, получена математическая модель с учетом дискретности загрузки камеры для определения мощности, зависящей от конструктивных (R, L) параметров рабочей камеры и технологических (δ, d, $\rho_ш$, ρ_m) параметров.

Анализ полученных результатов показал (рис. 3, а), что при увеличении частоты вращения мелющих тел в 3 раза, мощность увеличивается примерно в 7 раз, причем, при частоте вращения мелющих тел до 400 об/мин привода, увеличение в 2 раза, мощность увеличивается примерно в 2,5 раза, при этом происходит основной рост величины мощности, т.е. здесь можно сделать вывод, что придавать роликам число оборотов более, чем 400 об/мин не целесообразно. При увеличении размера мелющих тел в 2,8 раза мощность увеличивается дополнительно в 2 раза.

Циклический характер графика изменения мощности (рис. 3, б) в зависимости от размера мелющих тел показывает, что если зависимость k_n=*целое число*, то величина мощности соответствует минимальным значениям функции, в противном случае на длину L не помещается мелющее тело (шар), т.е. нарушается плотность упаковки, следовательно, в объеме камеры появляются пустоты и к истирающе-раздавливающим воздействиям, наиболее целесообразным для сверхтонкого помола, добавляются ударные, что существенно снижает эффективность сверхтонкого помола (понятие данного вывода не учитывается при других подходах).

а *б*

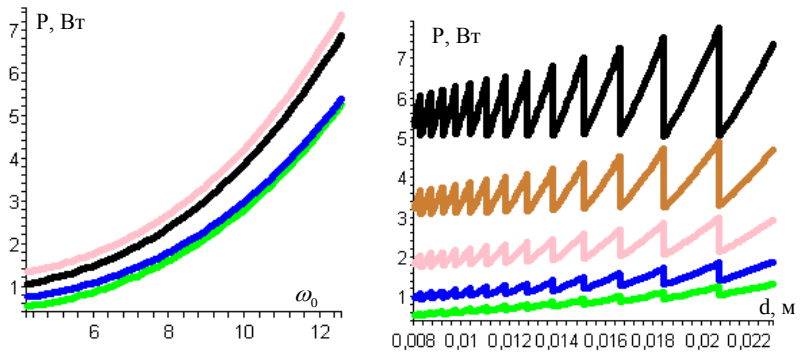


Рис. 5. Результаты численного эксперимента по расчету затрачиваемой мощности:
а – мощность в зависимости от частоты вращения мелющих тел ω_0 для их размеров d=0,008; 0,013; 0,018; 0,023; *б* – мощность в зависимости от размера мелющих тел для их частоты вращения ω_0 =4,2; 6,3; 8,4; 10,5; 12,6, что соответствует числу оборотов вращения роликов, изменяющемуся в интервале 300…500 об/мин.

Анализ полученных результатов показал, что дискретная модель позволила составить качественное представление о влиянии модельных параметров на процесс измельчения материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вердиян М.А., Кафаров В.В. Математическое моделирование помольных агрегатов // Цемент. 2003. №12. С. 13-14.

2. Веригин Ю.А., Сартаков А.В., Маликова Л.Ю., Вершинин А.Л. Физическое и математическое моделирование процессов измельчения материалов как инструмент выбора режимов работы помольных машин и оборудования // Ползуновский альманах.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. 2001. №3. С.126-131.

3. Кафаров В.В., Вердиян М.А. Математические модели структуры потока материала в мельницах // Цемент. 2005. №5. С. 9 - 11; №6. С. 12 - 13.

4. Лозовая С.Ю., Рядинская Л.В. Разработка дискретной модели мощности, затрачиваемой на помол материала в устройствах с цилиндрической деформируемой камерой // Научные ведомости Белгородского государственного университета История Политология Экономика Информатика/под ред. Л.Я. Дятченко – Белгород, №13(84) 2010 вып. 15/1, С.107-111.

5. Лозовая С.Ю., Рядинская Л.В. Математическое моделирование изменения мощности, затрачиваемой на помол материала, в зависимости от геометрических и технологических параметров рабочих камер // Комплексный анализ и его приложения в дифференциальных уравнениях и теории чисел: сб. материалов Международная конференция (Белгород, 17-21 октября 2011 г.). – Белгород: ИПК НИУ «БелГУ», 2011. 140. С.71-72.

6. Лозовая С.Ю., Рядинская Л.В., Лозовой Н.М. Моделирование изменения мощности, затрачиваемой на помол материала в устройствах с деформируемыми камерами по дискретной модели // Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ, №2010614089, (RU), заявка №2010612440, дата поступления 5.05.2010, зарегистрировано 23.06.2010

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Богданович С. В., канд. техн. наук
Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева
Жардемов Б. Б., д-р техн. наук
ТОО «Научно-исследовательский центр комплексных транспортных проблем»

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПАССАЖИРСКОГО ХОЗЯЙСТВА АО «НК «ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛЫ»

s.v.bogdanovich@mail.ru

Рассмотрена история развития и проблемы функционирования АО «Пассажирские перевозки». На основе выполненного анализа представлены рекомендации по организации структурных преобразований и формированию основных целей и задач, стоящих перед компанией по улучшению сервиса пассажирских перевозок.

Ключевые слова: *пассажирский транспорт, пассажирское хозяйство, пассажирские перевозки, багажные перевозки, структура управления, сервис, пассажирооборот.*

Пассажирский железнодорожный транспорт имеет большое социально-экономическое значение, так как является основой транспортной системы страны, обеспечивая сохранение единого экономического пространства и решая задачу максимальной реализации потребности населения в перевозках при рациональном и экономичном использовании технических средств. В силу географических и природно-климатических особенностей Казахстана преимущество железнодорожного транспорта в межрегиональном сообщении является неоспоримым.

С обретением независимости началось интенсивное использование экономических методов работы, что, в свою очередь, потребовало существенных структурных преобразований в системе организации пассажирских перевозок. Согласно [1] пассажирские перевозки были выделены в отдельное дочернее государственное предприятие (далее ДГП).

ДГП «Пассажирские перевозки» в 2002 году было преобразовано в открытое акционерное общество (далее ОАО) и получило государственную регистрацию [2].

В 2004 году в рамках реализации [3] произведена реструктуризация обеспечивающей и сервисной деятельности, которая была направлена на её отделение от основной для обеспечения прозрачности расходов и целевого субсидирования пассажирских перевозок из республиканского и местных бюджетов и ОАО «Пассажирские перевозки» преобразовано в акционерное общество (далее АО). В результате реструктуризации созданы акционерные общества со 100 % участием АО «Пассажирские перевозки»: «Вокзал-сервис», «Пригородные перевозки», «Пассажирская лизинговая вагонная компания» (далее «ПЛВК»), «Вагонсервис», а также товарищества с ограниченной ответственностью (далее ТОО) «Жолсерік-Алматы» (в 2005 году переименованное в «Компания «Жолаушылартранс»), «Оперативно-технологический центр управления пассажирскими перевозками». Кроме того, создано АО «Алматинский вагоноремонтный завод» (далее «АВЗ»), 47% и 53% акций которого принадлежат соответственно АО «Пассажирские перевозки» и АО «НК «ҚТЖ» (рис. 1).

В 2004 году АО «Пассажирские перевозки» присвоен статус Национального перевозчика [4].

При этом главными целями создания дочерних организаций были определены:

введение конкурентной среды в пассажирских перевозках за счет формирования самостоятельного перевозчика с его дальнейшим выведением в частный сектор;

повышение эффективности и качества багажных перевозок за счет их выделения в самостоятельный вид деятельности.

Однако опыт функционирования и финансовое положение указанных предприятий показали полную несостоятельность поставленных целей.

Так, за период своей работы с 2004 по 2008 годы у ТОО «Компания «Жолаушылартранс» и АО «Багажные перевозки» сложились убытки в сумме 8,9 и 3,8 млрд. тенге соответственно [5]. Размер собственного капитала данных компаний являлся отрицательным, и составил соответственно минус 8,4 и 3,6 млрд. тенге, что не позволило им выполнять свои финансовые обязательства и полностью отвечало признакам банкротства.

Необходимо отметить, что вследствие убыточности ТОО «Компания «Жолаушылартранс», задача по его реализации в частную собственность так и осталась невыполненной. Более того,

дублирование функций АО «Пассажирские перевозки» не только создало дополнительные издержки по содержанию административного персонала, но и нарушило единую вертикаль управления в кадровой, производственно-технической и экономической политике, и прежде всего, не улучшило качество оказываемых услуг для пассажиров.

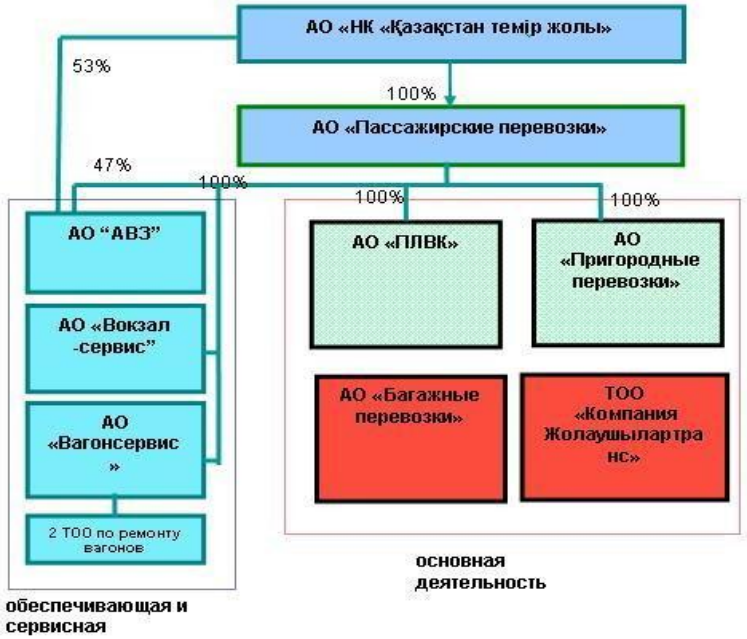


Рис. 1. Структура пассажирского хозяйства АО «Пассажирские перевозки» в период реформирования пассажирских перевозок в 2004-2006 годы

Вместе с тем, как показала практика работы АО «Багажные перевозки», перевозка багажа функционально и технологически не может являться самостоятельной услугой и должна осуществляться в комплексе с услугой по перевозке пассажиров. При этом выделение багажных перевозок в самостоятельную деятельность резко увеличило издержки АО «Багажные перевозки», что не позволило достичь положительных результатов.

Таким образом, накопившиеся годами проблемы организации пассажирских и багажных перевозок потребовали проведения безотлагательных структурных преобразований группы компаний АО «Пассажирские перевозки».

С учетом изложенного, в целях улучшения качества обслуживания пассажиров, оптимизации структуры группы компаний АО «Пассажирские перевозки», а также повышения ее финансовой устойчивости, при поддержке Акционерного общества «Фонд национального благосостояния и АО «НК «ҚТЖ» согласно решению Совета директоров АО «НК «ҚТЖ» от 24 декабря 2008 года (протокол №13) проведена реорганизация АО «Пассажирские перевозки» путем присоединения к нему зависимых дочерних организаций – ТОО «Компания «Жолаушылартранс» и АО «Багажные перевозки» [5].

Структура АО «Пассажирские перевозки» по состоянию на 2012 год представлена на рисунке 2.

На сегодняшний день структурными подразделениями пассажирских перевозок являются: 3 региональных филиала по пассажирским перевозкам: Южный, Западный и Северный; филиал «Экспресс», на балансе которого находятся вагоны испанской фирмы «Тальго».

Компания является единственным акционером АО «Вокзал-сервис», «Пригородные перевозки», «ПЛВК», «Вагонсервис», и единственным учредителем ТОО «Оперативно-технологический центр управления пассажирскими перевозками», а также владельцем 47% акций АО «АВЗ».

Пассажирооборот АО «Пассажирские перевозки», несмотря на определенные трудности (недостаток вагонного парка, его моральный и физический износ и т.д.) имеет тенденцию к росту (рис. 3).

Рис. 2. Структура АО «Пассажирские перевозки» по состоянию на 2012 год

Для организации пассажирских перевозок за период 1993-2011 г.г. АО «Пассажирские перевозки» было приобретено: в 1993-1995 годах - 317 вагонов на кредитные средства, в 2001-2004 годах - 56 вагонов производства испанской фирмы «Patentes Talgo», в 2007 году - 152 пассажирских вагонов постройки КНР [4].

Несмотря на указанное приобретение новых вагонов, текущее положение парка пассажирских вагонов остается неудовлетворительным.

Учитывая неполносоставность пассажирских поездов по всем направлениям курсирования, существует потребность в увеличении схем 163 составов на 289 ед. пассажирских вагонов или в среднем на 1,7 вагона.

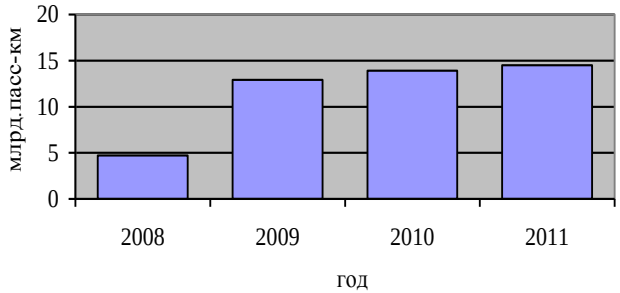


Рис. 3. Изменение пассажирооборота АО «Пассажирские перевозки»

Таким образом, имея значительный дефицит парка вагонов, сегодня более трети поездов недостаточно сформированы, составы отправляются усеченные, что не позволяет удовлетворить спрос ежесуточно свыше 10 тыс. человек из 40 тыс. перевозимых пассажиров, что составляет порядка 25 % .

Следствием дефицита пассажирского подвижного состава является:

- формирование неполносоставных поездов;
- сокращение числа маршрутов следования;
- увеличение интенсивности использования подвижного состава в ущерб плановому обслуживанию и ремонту;
- отсутствие технологического резерва пассажирских вагонов.

На сегодняшний день качественная организация и развитие АО «Пассажирские перевозки» как Национального перевозчика и отрасли в целом сдерживается системными проблемами:

- неоптимальной структуры предприятий пассажирского хозяйства,
- существенного износа и определенного дефицита пассажирского вагонного парка,
- недостаточного государственного субсидирования,
- неудовлетворительного состояния вокзального хозяйства,
- несовершенства подходов по развитию конкурентного рынка перевозок,

- неопределенности статуса Национального пассажирского перевозчика.

И как следствие, данные проблемы сказываются на недостаточном уровне качества обслуживания пассажиров, неудовлетворенном спросе на перевозки, отрицательном имидже Национального перевозчика и отрасли в целом.

Как показала практика, стремление создать конкурентный рынок в сфере пассажирских перевозок за счет раздробления единого пассажирского хозяйства на несколько самостоятельных предприятий не только не улучшило качество оказываемых услуг пассажирам и технологию организации перевозочного процесса, но и значительно увеличило численность административно-управленческого персонала, что, соответственно, привело к росту себестоимости пассажирских перевозок.

В рамках реализации программы обновления и повышения технического ресурса подвижного состава АО «Пассажирские перевозки» с 2011 г. по май 2012 г. компанией приобретено 40 вагонов (в том числе 2 вагона оборудованы для перевозки инвалидов) постройки «Крюковский вагоностроительный завод» (Украина). Кроме того, еще 14 купейных вагонов данного завода, в т. ч. 1 вагон для перевозки инвалидов, будут приобретены в конце июня 2012 года.

Также АО «Пассажирские перевозки» в 2010 г. заключен контракт с заводом «Тұлпар-Тальго» в Астане на покупку до 2014 г. 420 пассажирских вагонов. В 2012 г. будет поставлена первая партия – 140 вагонов [5].

В настоящее время в рамках Программы по развитию транспортной инфраструктуры до 2014 года в пассажирском комплексе намечен ряд очередных структурных преобразований [5].

До 2014 года предусматривается реструктуризация Общества путем создания АО «ҚТЖ-Пассажирские перевозки» с присоединением к нему АО «ПЛВК», АО «Вагонсервис» и АО «Пассажирские локомотивы».

В результате АО «ҚТЖ-Пассажирские перевозки» будет осуществлять следующие функции: перевозка пассажиров, багажа и грузобагажа, почтовых отправлений в международных и внутриреспубликанских сообщениях; содержание и эксплуатация пассажирского подвижного состава, включая вагоны и локомотивы; техническое обслуживание, обеспечение ремонта подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства Республики Казахстан от 14 июля 1998 года № 667 «О реорганизации РГП «Қазакстан темір жолы» [Электронный ресурс] /утверждено Правительством Республики Казахстан от 14 июля 1998 года № 667 // http://ru.government.kz

2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 апреля 2002 г. № 479 «О вопросах формирования и организации деятельности ЗАО «НК «ҚТЖ» [Электронный ресурс]/ утвержден Правительством Республики Казахстан от 27 апреля 2002 г. № 479 // http://ru.government.kz

3. Программа реструктуризации железнодорожного транспорта Республики Казахстан на 2004-2006 годы [Электронный ресурс] / утверждена Правительством Республики Казахстан от 6 февраля 2004 года №145 // http://ru.government.kz

4. Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 декабря 2004 года №1389 «О некоторых вопросах национальной железнодорожной компании и национальных перевозчиках» [Электронный ресурс] / утверждено Правительством Республики Казахстан от 25 декабря 2004 года №1389// http://ru.government.kz

5. www.temirzholy.kz

Бакалин Ю. И., д-р техн. наук, проф.,
Мухин Н. П., доц.,
Виноглядов В. Н., доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СДЕРЖИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ВОПРОСЫ ПОЛУЧЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

vinoglyadov@mail.ru

Приводится объективный анализ причин отставания нашего государства от мирового уровня по реализации полноценного и достаточного энергосбережения на производстве и в области ЖКХ. Среди причин выделяются такие, как слабое финансирование научных работ, ликвидация некоторых научных центров в области энергетики, некорректный отказ от контроля за потоками реактивной энергии и др.

Для изменения ситуации в лучшую сторону рекомендуется:

- устранение указанных недостатков;

- разработка обновленной концепции региональной программы;

- налаживание работы по модернизации оборудования и отдельных систем;

- обеспечение работы надежным финансированием с жестким контролем финансовых операций.

Ключевые слова: *нергосбережение, энергоэффективность, энергетика, хранение электроэнергии.*

В настоящее время вопросы организации энергосбережения на любом уровне жестко связаны с проблемами и задачами, которые стоят повседневно перед поставщиками, транспортировщиками и потребителями электроэнергии в части измерения качества, количества и потерь электроэнергии. Приходится констатировать, к сожалению, тот факт, что по сравнению с достижениями мировой энергетики за последние полтора десятка лет мы постоянно отстаем от мирового уровня по реализации полноценного и достаточного энергосбережения на производстве и в области ЖКХ.

В этой ситуации одной из причин нашего отставания является слабое финансирование научных работ и отсутствие, как результат этого, сдвигов в инженерной практике. При этом появилась «странная» тенденция к современному перевоплощению**:** за последнее время два базовых научных центра в области энергетики – ВНИИ и ОРГРЭС – превратились в бизнес-центры, ориентированные на экономически выгодные короткие проекты, в которых «не до науки».

Настораживает тот факт, что в нашей стране при наличии очень нужного и обязательного для всех Указа «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года №537» вместо единого центра управления энергетикой с жесткой дисциплиной, существуют многочисленные мелкие компании с частным капиталом, главным рыночным мерилом которых служит прибыль. Существует мнение, что Советы таких компаний, чаще всего, состоят из собственников не всегда разбирающихся в электроэнергетике, за редким исключением, а специалисты-энергетики увольняются из управления.

Существующая практика заключения договоров по электроснабжению не выделяет слово «договорное» напряжение, и как следствие, понятие **«качество напряжения»** было перекинуто в сторону многочисленных коммерческих организаций в виде проблемы сертификации, и далее все свелось к выполнению набора соответствующих бюрократических правил. Поэтому **качество электроэнергии** от этого фактически осталось прежним, а порядок затрат по стране оценивается в миллиарды рублей.

В свое время не повысил качество энергоснабжения и некорректный отказ от контроля за потоками реактивной энергии, что привело к негативным последствиям и сейчас эту задачу приходится решать вновь. Однако многие такие и аналогичные проблемы могут быть решены собственными силами при использовании отечественного опыта и требований отечественного ГОСТа, а также с учетом рекомендаций Международной электротехнической комиссии. Например, научно-производственная фирма «СОЛИС-С» изготавливает новые приборы **контроля качества** электроэнергии типа ППКЭ-1-50, позволяющие надежно и строго измерять сетевые технические потери, сверяя их с расчетными. Отсюда появилась возможность устанавливать конкретные значения «договорных» напряжений, что способствует повышению качества электроснабжения после появления этой величины в соответствующих договорах [1].

В настоящее время современная энергетика способствует появлению новейших знаний о методах получения и преобразования энергии, создает средства таких преобразований за счет интеграции достижений в других областях знаний, исследует закономерности развития мировой энергетики в целом. Все это способствует появлению нарастающего потока возможных энергетических технологий. Возникающие новые идеи и их результативность формируются на базе фундаментальных разделов физики, физической химии и другими физико-техническими дисциплинами, такими как электрофизика и электротехника, теплофизика и теплотехника, атомная физика и техника. На этом базируется основа технологического прогресса в энергетике и где сосредоточено до 70% научных работ в этой области.

К числу многообещающих технологических возможностей можно отнести суперконденсаторы высокой емкости и освоение сверхпроводимости, быстрые реакторы с замкнутым топливным циклом, которые сделают атомную энергетику воспроизводимой по ядерному горючему даже при высоких темпах развития. Ожидается, что опытно-промышленное освоение термоядерной энергии с прямым преобразованием радиационной энергии в электрическую позволит устранить проблему ограниченности энергоресурсов [2].

Наибольшая часть электрической энергии, которая вырабатывается генерирующими источниками всех видов, доходит до потребителей по системам транспорта, передачи и распределения (ТПР), где весьма существенная ее часть теряется по многим техническим и коммерческим причинам. В свою очередь, часто получаемая потребителями энергия используется недостаточно эффективно из-за технологического несовершенства энергопотребляющего оборудования и отсутствия на местах приема энергии определенных планов рационального энергетического менеджмента.

В нашей стране неиспользуемый технический потенциал определяется, примерно, величиной до 420 млн т.у.т., или 45% от всего уровня потребления энергии в 2005 году. Отсюда следует, что повышение эффективности транспорта, передачи, распределения и потребления конечной энергии и энергетических ресурсов является одной из приоритетных задач на региональном и более высоком уровне[3, 4,5,6,7,8,9].

В настоящее время передача электроэнергии от электростанций к крупным потребителям и к центрам нагрузки осуществляется по линиям электропередачи (ЛЭП) чаще всего переменного тока напряжением в диапазоне 150-765 кВ. Величина потерь в таких ЛЭП составляет от 15% на 1000 км длины линий напряжением 380 Кв и до 8% на 1000 км напряжением 750 Кв. Потери же в ЛЭП постоянного тока составляют около 3% на 1000 км их длины, что представляет собой при внедрении явный потенциал энергосбережения. Кроме того, такие линии обладают большей гибкостью при эксплуатации в электроэнергетических системах. Практика показывает, что при транспортировке электроэнергии на расстояния свыше 500 км ЛЭП постоянного тока более предпочтительны с точки зрения экономики их строительства и эксплуатации. Определенным ограничением таких линий являются: повышенная стоимость подземных кабельных линий.

Известно, что потери электроэнергии в распределительных линиях электропередачи зависят от многих факторов: степень трансформации электроэнергии, плотность нагрузки потребителей, особенности динамики ее изменения во времени и техническое состояние оборудования распределительных сетей. Здесь для выхода из трудных ситуаций может быть применение новых материалов для трансформаторов и наиболее рациональных схем распределения электрической энергии.

Такой подход может снизить существующий уровень потерь энергии в крупном масштабе с 18% до 10% [10]. В этом случае новые технологии базируются на применении новейших материалов для изготовления сердечников трансформаторов, к которым относится аморфная сталь, которая получается за счет быстрого охлаждения расплавленных металлических сплавов.

Для электроэнергетических систем ощутимое место занимает проблема, связанная с возможностями аккумулирования и хранения электроэнергии. На текущий момент электроэнергия не может аккумулироваться и храниться в достаточно больших объемах в прямой форме. Разрешение этой проблемы возможно за счет разработок энергетических установок специальной технологии аккумулирования и хранения электроэнергии (ТАХЭ) прямого характера (суперконденсаторы), так и косвенного (гидроаккумулирующие, воздушно-компрессорные и др.), рабочие мощности и экономические характеристики которых отличаются до нескольких порядков. К наиболее эффективным относятся электромагнитные ТАХЭ, менее эффективны водородные топливные элементы, но имеющие более широкий диапазон рабочих мощностей [11].

Неудовлетворительное состояние технологического потенциала нашей электроэнергетики

наглядно показывают и параметры (см. табл. № 1), характеризующие технологический и экономический потенциал электроэнергетики. Очевидно, что по сравнению с 1990 годом многое изменилось в худшую сторону.

Таблица 1

Сравнение технического уровня электроэнергетики России и мира [6]

Параметры	Россия		Мировой уровень	
	Среднее значение	Передовые образцы	Среднее значение	Передовые образцы
КПД ТЭС на газе, %	38,5	51-52	44-45	58-60
КПД ТЭС на угле, %	34,2	38-44	37-40	45-47
Потери в электросетях	12,7	-	5,5-6,5	-

Для изменения в лучшую сторону технологического потенциала региональной электроэнергетики с учетом отечественных и мировых стандартов необходимо устранение не только указанных выше недостатков, но и разработка обновленной концепции региональной программы, как части Национальной программы инновационно-интеллектуального развития электроэнергетики России (НП ИНИРЭР) и с учетом технических требований интеллектуальных энергетических систем [12].

Выводы:

- необходимо более осторожно относиться к составлению планов на далекую перспективу, которые в кризисных условиях едва ли будут выполнены по объективным причинам;
- целесообразно разрабатывать реально обоснованные и краткосрочные планы модернизации оборудования и систем, обеспечивая их надежным финансированием и в дальнейшем с жестким контролем финансирования;
- возможно, было бы полезным и некоторое дополнительное обновление концепции национальной программы ИНИРЭР на базе ИЭС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Затраты – миллиарды рублей, а качество прежнее// Энергоэксперт,– 2008, - №6 (11), - С.31.

2. *Макаров, А.А.* Научно-технологические прогнозы развития энергетики России// АЭ,апрель 2009,- № 2 [28], - С.4-12.

3. *Башмаков, И.* Выявление и освоение ресурса повышения энергоэффективности// Энергоаудит,- 2009,- №1 (9),- С. 6-8.

4. *Бакалин, Ю.И.* Энергосбережение и энергетический менеджмент. Учебное пособие для втузов// укр., 3-тье изд., доп. и перераб.: Харьков., «БУРУН и К», 2006, 319 с.

5. *Рудычев А.А.,* Чижова Е.Н., Голованов О.В. Рациональное энергосбережение – потенциал энергоснабжения/ Рудычев А.А., Чижова Е.Н., Голованов О.В.// Вестник БелГТАСМ. Научно-теоретический журнал. – Белгород: БелГТАСМ, 2002. - №2. – С.176-182.

6. *Нестеров, М. Н.* Пути повышения энергоэффективности в электроэнергетике / М.Н. Нестеров, С.А. Духанин // Проблемы, перспективы и нормативно-правовое обеспечение энергоресурсосбережений в жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. - Алушта, 2010.

7. *Чижова Е.Н.* Основные элементы механизма управления энергосбережением / Чижова Е.Н., Голованов О.В.// Актуальные проблемы развития предпринимательства на региональном уровне. Материалы научно-практической конференции. – Белгород: Белгородский юридический институт МВД РФ, 2002.

8. *Гашо Е.Г.* К вопросу о повышении эффективности энергоиспользования в жилищно-коммунальном хозяйстве/ Гашо Е.Г., Рыженков В.А., Погорелов С.И., Лапшин А.В. // Энергосбережение и энергоэффективность. - 2004. - №1. - С.38-41.

9. *Гашо Е.Г.* Организационно-экономические предпосылки развития энергосбережения в ЖКХ/ Гашо Е.Г., Фрей Д.А. // Энергосбережение - теория и практика: Сб. трудов Второй Всероссийской школы-семинара молодых ученых и специалистов. - М.: Изд-во МЭИ, 2004. - С.79-80.

10. Energy Technology Perspectives 2008 Scennarios and Perspectives to 2050. OECD/ IEA. 644 pp.

11. *Федоров, М.П.* Энергетические технологии транспорта, передачи и распределения электрической энергии/ М.П.Федоров, В.Р. Окороков, Р.В. Окороков //АЭ №5 [31] 2009, -С. 28-33.

12. *Окороков, В.Р.* Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность/ М.П.Федоров, В.Р. Окороков, Р.В. Окороков // АЭ,- июнь 2010,-№3 [35],- С. 74-82.

Боровской А. Е., канд. техн. наук, доц.,
Шевцова А. Г., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАКСИМАЛЬНАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЛОСЫ ПРИ ПОВОРОТНОМ МАНЕВРЕ

shevcova-anastasiya@mail.ru

С каждым годом количество транспортных средств на дорогах увеличивается очень высокими темпами, причем организация дорожного движения в основном остается на неизменном уровне. С ростом интенсивности в городах, так же наблюдается изменение состава основного потока автомобилей, которые отличаются, как и мощностными характеристиками, так и габаритными параметрами. Данные факторы будут оказывать влияние на организацию дорожного движения, а точнее методы расчеты, используемые при выборе той или иной схемы движения. В работе детально рассмотрено как будет изменяться максимальная пропускная способность полосы при поворотном маневре с использованием габаритных параметров всех известных классов легковых автомобилей.

Ключевые слова: *пропускная способность, поток насыщения, габаритная длина, класс легкового автомобиля, радиус поворота.*

При расчете режима работы светофорного объекта на вновь проектируемом или существующем пересечении, особое внимание уделяется понятию «пропускная способность». В зарубежных источниках дается следующее определение рассматриваемой величины, так в руководстве HCM 2000 под пропускной способностью (*P*) понимается максимально устойчивая интенсивность движения, при которой транспортный или пешеходный поток пересекает определенное сечение дороги при конкретном режиме регулирования, геометрических особенностях пересечения и других специфических условиях движения [6]. Профессор McShane института в Нью-Джерси (штат США), определяет пропускную способность подхода к перекрестку как максимальную интенсивность движения транспортного потока на рассматриваемом подходе при преобладающих условиях регулирования, а также геометрических условиях и сложившейся транспортной ситуации [7]. В российских изданиях, например под редакцией Булавиной Л.В.[3], *пропускной способностью полосы улиц и дорог регулируемого движения* называется зависящее от условий и организации движения максимальное количество транспортных средств, проходящих по полосе в течение одного часа в одном направлении при соблюдении условий безопасности движения.

В любом случае, как бы мы не давали определение, пропускная способность зависит от большого числа факторов:

1. дорожных условий (ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривых в плане, расстояния видимости и др.),
2. состава потока автомобилей,
3. наличия средств регулирования,
4. погодно-климатических условий,
5. возможности маневрирования автомобилей по ширине проезжей части,
6. психофизиологических особенностей водителей и конструкции автомобилей.

Изменение из этих факторов приводит к существенным колебаниям пропускной способности в течение суток, месяца, сезона и года. При частом расположении помех на дороге происходят значительные колебания скорости, приводящие к появлению большого числа автомобилей, движущихся в группах, а также снижению средней скорости всего потока.

Основополагающей характеристикой в процессе анализа и проектирования регулируемого пересечения, является *поток насыщения ($M_н$).* Физический смысл данной величины, понимается как максимальная пропускная способность полосы в одном направлении, из можно сделать вывод, что данная величина будет зависеть также от большого числа факторов, аналогичных тем, от которых зависит и сама пропускная способность.

$$M_н = P_{max} \quad (1)$$

Попытаемся детально рассмотреть влияние дорожных условий, в частности радиуса поворота и состава потока автомобилей на величину потока насыщения.

Определение длительности цикла и основных тактов регулирования основано на сопоставлении фактической интенсивности движения на подходах к перекрестку и пропускной способности (потокам насыщения) этих подходов.

Для случая движения в прямом направлении по дороге без продольных уклонов поток насыщения рассчитывают по эмпирической формуле [5], которая связывает этот показатель с шириной проезжей части, используемой для движения транспортных средств в данном направлении рассматриваемой фазы регулирования:

$$M_{\text{нij прямо}} = 525 \cdot B_{\text{пч}} \quad (2)$$

где $M_{\text{нij прямо}}$ – поток насыщения, ед/ч; $B_{\text{пч}}$ – ширина проезжей части дороги в данном направлении движения м.

В данной формуле, подразумевается, что величина максимальной пропускной способность будет изменяться только лишь от ширины проезжей части, и не принимается в учет скорость движения потока, а самое главное различность классов легковых автомобилей. В ранее написанных статьях [2,7], был произведен детальный анализ изменения потока насыщения в зависимости от класса легкового автомобиля для движения прямо.

Если в определенном направлении движения через перекресток имеется возможность организации выделенного поворотного маневра, то поток насыщения в этом случае зависит от радиуса поворота r и может быть определен с помощью следующего выражения [6]:

$$M_н = \frac{1800}{1+\frac{1{,}525}{r}} \quad (3)$$

Используя данное выражение, под радиусом поворота (r) зачастую принимают радиус закругления проезжей части ($R_{пч}$), не учитывая тем самым специфику поворота автомобиля и самое главное траекторию совершения маневра. Так же в данной формуле не отводится должного внимания тому, автомобиль какого класса совершает поворот и с какой скоростью. В связи с этим выведем основные дополнения по данной формуле:

1. Четкое геометрическое определение радиуса поворота, при совершении право- и левоповоротного маневра.

2. Ограничение скорости выполнения маневра. Данный критерий является одним из наиболее важных, т.к. выполняя поворот, водитель снижает скорость движения и выбирает наиболее безопасную траекторию движения, с целью уменьшения возможности выезда на встречную полосу движения.

3. Определение дистанции безопасности до впереди идущего автомобиля при выполнении маневра, с учетом его габаритной длины.

После определения дополнений по формуле 3, выведем формулу для определения поворотного потока насыщения, с использованием недостающих величин.

Вывод полученных формул был основан на аналитической геометрии на плоскости (см. рис. 1) [4].

Предполагается, что автомобиль совершает поворот при определенном радиусе $R_{пов}$. Согласно рис. 1 $R_{пов}$=OC=OE, следовательно, при повороте автомобилю так же необходимо будет соблюдать дистанцию безопасности, которая будет зависеть от угла поворота. Тогда динамический габарит автомобиля, будет сводиться к определению длины дуги. Зная значение хорды AC, в нашем случае это динамический габарит, и угол поворота, можно точно определить динамический габарит автомобиля при совершении поворотного маневра, соответствующего радиуса.

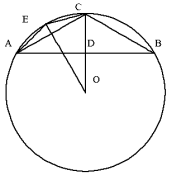


Рис. 1. Окружность с центом O, с соответствующего радиуса OC

В зависимости от радиуса поворота, определенный поворотный участок могут пересечь в течение часа строго определенное количество легковых автомобилей различных классов. Поток насыщения при поворотном маневре, в зависимости от класса легкового автомобиля и радиуса поворота, будет определен по следующим формулам:

1. Определение динамического габарита при повороте автомобиля:

$$L_{дпов} = R_{пов} * \angle пов \quad (4)$$

где $R_{пов}$ - радиус поворота транспортных средств, м. $\angle пов$ - угол поворота, рад.

2. Определение угла поворота:

$$\angle пов = \arcsin\left(\frac{L_д}{R_{пов}}\right) \quad (5)$$

где $L_д$ - динамический габарит, м.

3. Определение динамического габарита, м.:

$$L_д = L_a + D \quad (6)$$

где L_a - габаритная длина легкового автомобиля, определенного класса, м.; D - дистанция безопасности до впереди идущего автомобиля, м. [1].

4. Определение дистанции безопасности до впереди идущего автомобиля, м.:

$$D = T * \vartheta + \left(\vartheta^2 / 2 * j_з\right) \quad (7)$$

где T - время торможения, сек.; ϑ - скорость движения автомобиля, м./сек.; $j_з$ - величина установившегося замедления, м./сек^2 [1].

5. Определение времени торможения:

$$T = T_1 + T_2 + 0{,}5 \cdot T_3 \quad (8)$$

где T_1 – время реакции водителя, сек. (T_1 = 0.75 сек.); T_2 - время срабатывания тормозного привода, сек. (T_2 = 0.35 сек.); T_3 – время нарастания замедления, сек. (T_3 = 0.15 сек.) [1].

6. Определение времени прохождения сечения дороги, сек.:

$$t_{пс} = L_{дпов} / \vartheta \quad (9)$$

7. Определение потока насыщения при поворотном маневре, ед./час:

$$M_{н.пов} = 3600 / t_{пс} \quad (10)$$

Произведем расчет максимальной пропускной способности правоповоротной полосы с использованием классической формулы (3), и полученных формул (4-10). Предположим, что радиус поворота автомобиля ($R_{пов}$) равен 15 м.

1. Расчет по классической формуле (3):

$$M_н = \frac{1800}{1+\frac{1{,}525}{15}} = 1636 \text{ ед./час}$$

2.Расчет по полученным формулам (4-10):

2.1. Для автомобиля класса «A»: L_a = 3,49 м., $M_н$ = 1434 ед./час;

2.2. Для автомобиля класса «B»: L_a = 3,75 м., $M_н$ = 1390 ед./час;

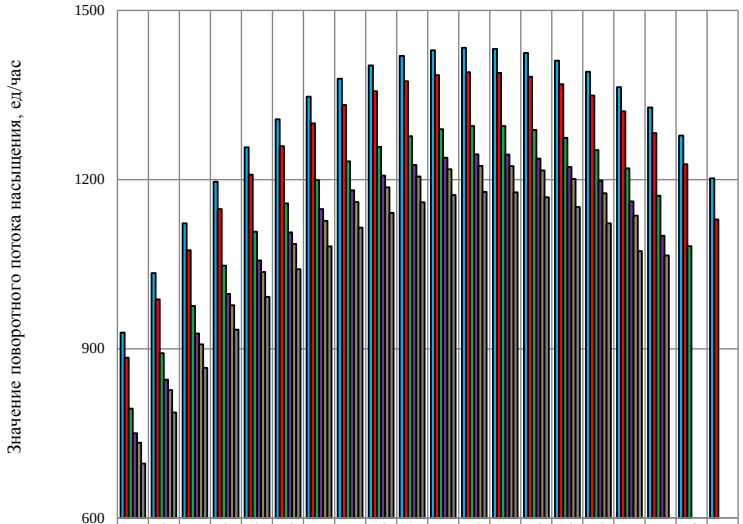
2.3. Для автомобиля класса «C»: L_a = 4,34 м., $M_н$ = 1295 ед./час;

2.4. Для автомобиля класса «D»: L_a = 4,67 м., $M_н$ = 1245 ед./час;

2.5. Для автомобиля класса «E»: L_a = 4,81 м., $M_н$ = 1224 ед./час;

2.6. Для автомобиля класса «F»: L_a = 5,13 м., $M_н$ = 1178 ед./час.

Определение максимальной пропускной способности полосы с известным радиусом поворота, с использованием формул 4-10, было сведено к определению искомой величины для каждого из известных классов легковых автомобилей, для минивэнов и внедорожников, расчет не производился, т.к. у автомобилей данного класса габаритная длина в основном совпадает с длиной автомобиля класса «F». Используя в расчетах габаритную длину автомобиля каждого класса, можно также выявить скорость движения поворотного потока, при которой будет обеспеченна максимальная пропускная способность. Зависимость значения поворотного потока насыщения при известном радиусе поворота и скорости движения потока, наглядно отражена на рисунке 2.



	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Поворотный поток насыщения для автомобиля класса "A"	929	1034	1123	1196	1257	1307	1347	1379	1402	1419	1429	1434	1432	1424	1411	1391	1364	1328	1278	1202
Поворотный поток насыщения для автомобиля класса "B"	884	988	1075	1148	1209	1259	1300	1332	1357	1374	1385	1390	1389	1382	1369	1349	1321	1282	1227	1129
Поворотный поток насыщения для автомобиля класса "C"	794	892	976	1047	1107	1158	1199	1232	1258	1277	1289	1295	1295	1288	1274	1252	1220	1171	1082	
Поворотный поток насыщения для автомобиля класса "D"	750	845	927	997	1057	1106	1148	1181	1207	1226	1239	1245	1244	1237	1222	1198	1162	1100		
Поворотный поток насыщения для автомобиля класса "E"	733	827	908	977	1036	1086	1127	1160	1186	1206	1218	1224	1224	1216	1201	1176	1136	1066		
Поворотный поток насыщения для автомобиля класса "F"	696	787	866	934	992	1041	1082	1115	1141	1160	1172	1178	1177	1169	1151	1122	1073			

Рис. 2. Гистограмма зависимости поворотного потока насыщения от скорости движения транспортного потока

Исследование полученной гистограммы, показывает, что наибольшая пропускная способность поворотной полосы, будет обеспечена при средней скорости 16 км/ч., так среднее значение потока насыщения будет составлять 1294 ед./час, это с условием того что процентное со-

отношение каждого класса автомобиля не известно. При использовании коэффициентов распределения по классам легковых автомобилей, полученное значение будет изменяться в большую или меньшую сторону. Так, например, предполагая, что основную часть поворотного потока составляют легковые автомобили класса «А», произведя расчеты по полученным формулам, мы говорим, что максимальная пропускная способность (поток насыщения) будет равняться 1434 ед./час. Если же преобладающем автомобилем будет автомобиль класса «С», данное значение будет снижаться до 1295 ед./час. В любом случае, для какого бы автомобиля не было получено значение, оно позволяет нам производить расчет с использованием ранее отмеченных замечаний по классической формуле, а именно принять в учет:

1. Специфику поворотной полосы;

2. Дистанцию безопасности при выполнении маневра;

3. Технологическую характеристику автомобиля, совершающего поворот.

Полученное значение поворотного потока насыщения, отличается от значения классического на 342 автомобиля или на 21%. Разница в полученных значениях довольно существенна и свидетельствует о несостоятельности классического определения поворотного потока насыщения, т.к. в расчете не отражаются все недостающие величины, отмеченные ранее в замечаниях.

В начале статьи подробно были рассмотрены определения величины пропускной способности, а так же факторы от которых она зависит. Выведенные формулы (4-10) позволяют определить величину максимальной пропускной способности (потока насыщения) с учетом перечисленных факторов, а именно:

1. Геометрической характеристики поворотного участка (радиуса закругления проезжей части (ПЧ), радиуса поворота ТС - $R_{пов}$).

2. Состава потока автомобилей, точнее выявление наиболее часто встречающегося автомобиля в потоке и расчет поворотного потока насыщения, согласно его технологическим параметрам и характеристикам.

При реализации мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения на фоне существующих проблем обусловленных увеличением количества автотранспортных средств в стране, а, следовательно, и увеличением интенсивности дорожного движения, особая роль принадлежит техническим средствам организации движения. Из них светофорное регулирование является одним из основных средств обеспечения безопасности движения на перекрестках [9]. Количество перекрестков оборудуемых светофорным регулированием в городах с большим уровнем автомобилизации постоянно увеличивается. Поэтому, при использовании таких средств регулирования дорожного движения, как светофор, особое внимание уделяется режиму его работы, а именно длительности разрешающего и запрещающего сигнала [8]. В дальнейших работах рассмотрим влияние полученные значений при использовании столь детально анализа движения, на расчетные данные при определении режима работы светофорного объекта. Позволит ли новый подход обеспечить более длительный пропуск транспортных средств на разрешающий сигнал, тем самым увеличить пропускную способность полосы, а так же сократить время простоя и величину задержек автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев, Л.Л., Конструктивная безопасность автомобиля: Учебное пособие / Л.Л. Афанасьев, А.Б., В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1983. – 212с.

2. Боровской, А.Е.Реальный поток насыщения в зависимости от класса легкового автомобиля/ А.Е. Боровкой, А.Г. Шевцова //Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: сб. материалы VII международной науч.-тех. конф., Пенза, 16-18 мая 2012 г. / Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства – Пенза: изд-во АДИ ПГУАС, 2012.С. 244-250. – ISBN 978-5-9282-0782-3

3. Боровской, А.Е.Транспортная проблема и различные сферы деятельности / А.Е. Боровской, А.С. Остапко, А.Г. Шевцова // Перспективы инноваций в науке, образовании и транспорте 2012: сб. научных трудов Sword по материалам междунар. науч.-практ. конф., Одесса, 19-30 июня 2012 г. / Выпуск 2. Том 1.- Одесса: изд-во Куприенко СВ, 2012. – ЦИТ: 212-367 С. 72-79.

4. Булавина, Л.В. Расчет пропускной способности магистралей и узлов: Учебное пособие / Л.В. Булавина. – Уральский гос. техн. ун-т. – Екатеринбург: изд-во УГТУ, 2009. – 267 с.

5. Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике/ М. Я. Выгодский. - М.: Астрель: АСТ, 2002. - 992 с.: ил. - ISBN 5-17-012238-1; 5-271-03651-0.

6.Кременец, Ю.А.Технические средства организации дорожного движения: Учебник для вузов /Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, – МИКЦ «Академкнига», 2005 – 279 с.

7. Новиков, И.А.Влияние изменения задержек транспортных средств на количество режимов работы светофорного объекта / И.А. Новиков, А.Г. Шевцова // журнал «Мир транспорта и технологических машин» / Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс – Орел: изд-во ОГТУ. - 2011. - №4 - С. 62-68.

8. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000.–C 122.

9. McSchane, W. and Roess R . Traffic engineering // Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.–C 312.

Севрюгина Н. С., канд. техн. наук, проф.,
Прохорова Е. В., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

crumb1202@mail.ru

Рассматриваются наиболее востребованные в горнодобывающей отрасли гидравлические машины ударного действия как энергонасыщенные динамические системы. Приводится структура и динамическое описание гидравлических машин ударного действия. Установлено, что гидравлические машины ударного действия являются объектами повышенной опасности. Дана характеристика основных источников опасности при эксплуатации гидравлических машин ударного действия. Приведены требования к мерам защиты от основных опасностей характерных для гидравлических машин ударного действия и требования по обеспечению их технической безопасности.

Ключевые слова*: машины ударного действия, динамическая система, энергия, эксплуатация, риск, источники опасности, нештатные ситуации, техническая безопасность.*

Россия является сырьевой страной, в которой для эффективного экономического роста необходимо наращивать темпы добычи сырья различного промышленного назначения. Основным звеном в системе добывающих отраслей является современная материально-техническая база, высокая производительность которой зависит от конструктивного совершенства технологических машин.

За последние десятилетия экономическая ситуация страны не способствовала обновлению и наращиванию парка горнодобывающих машин, а уже имеющаяся техника устарела не только морально, но и физически.

Создание высокопроизводительной и безопасной горнодобывающей техники является актуальным, при этом многие производители большое внимание уделяют технологическим машинам ударного действия. Область применения технологических машин ударного действия достаточно широка, этими машинами обеспечивается разрушение горных пород, скальных и мерзлых грунтов, металлургического шлака и строительных материалов различной прочности и прочие виды работ.

Гидравлические машины ударного действия (ГМУД) функционально относятся к машинам импульсного действия, производственный процесс которых осуществляется путем кратковременного силового воздействия инструмента рабочего оборудования машины посредством механического удара, раскалывающего или отрывного импульса, направленного взрыва, электрического разряда или других кратковременных физических процессов. ГМУД конструктивно представляют механическую структуру, динамическое поведение которой в условиях эксплуатации прогнозируется с помощью математического моделирования [2].

ГМУД при реализации целевых установок вырабатывают энергию, которая в дальнейшем преобразуется в эффективную работу, а ее избыток рассеивается. Так как ГМУД являются не только источником выработки энергии, но и ее потребителем, то с точки зрения обеспечения технической безопасности они характеризуются как потенциально опасные объекты, для которых требуется разработка мер минимизирующих влияние различного рода факторов на возникновение нештатных ситуаций.

В соответствии с типовой методикой [1, 4] при оценке технической безопасности гидравлических машин ударного действия разрабатываются сценарии проявления нештатных ситуаций, т.е. оценивается вероятность проявления случаев выхода базовой машины за рамки нормального функционирования.

Риск возникновения нештатной ситуации может быть связан не только с выполнением технологического процесса, но и сочетать различного рода факторы, проявляющиеся в период эксплуатации. В нештатной ситуации могут проявляться различные по частоте и продолжительности воздействия, а также тяжести причинения вреда опасности [4]. Вред может иметь различную степень тяжести, как устранимую, так и неустранимую и быть причиненным:

- персоналу;
- имуществу;
- окружающей среде.

Просматривается триада «человек – техника - среда обитания» имеющая очевидное взаимовлияние на факторы обеспечивающие безопасность системы в целом. В нашем случае, условия обеспечения безопасности функциони-

рования ГМУД формируются из критериев, базирующихся на ниже перечисленных основных принципах:

- *общечеловеческий*: безусловный приоритет защиты жизни и здоровья людей;

- *технический*: наличие надежных средств для управления в нештатных ситуациях и оптимального количества технических средств для защиты имущества;

- *технологический*: быстрое реагирование на угрозу возникновения нештатной ситуации, при этом мероприятия по обеспечению безопасности не должны мешать работе технике в нормальных условиях эксплуатации и человеку при осуществлении его деятельности;

- *экономический*: все мероприятия по обеспечению безопасности должны быть малозатратными.

Формализация факторов риска возникновения нештатных ситуаций при эксплуатации ГМУД является одним из путей поиска наиболее приемлемых подходов к вопросам обеспечения безопасности каждого компонента системы, в связи с тем, что могут проявляться угрозы, как по отдельным видам безопасности, так и по соответствующим сочетаниям и видам безопасности. Проведенные аналитические исследования позволили выделить перечень основных опасностей (рис. 1), характерных для данного типа машин и сформулировать требования обеспечения безопасности, которые следует учитывать разработчикам ГМУД [1, 3].

Для ГМУД к мерам, обеспечивающим *защиту от взрывов* могут быть отнесены:

− меры, исключающие возможность взрыва;

− меры, предотвращающие возможность воздействия на персонал и иных лиц опасных и вредных факторов, в случае возникновения взрыва;

− меры, обеспечивающие сохранность имущества физических и юридических лиц.

При формировании требований по защите от взрывов используют правила и нормативные документы МЧС России и Ростехнадзора, ГОСТы, а также современные санитарные нормы Минздравсоцразвития России.

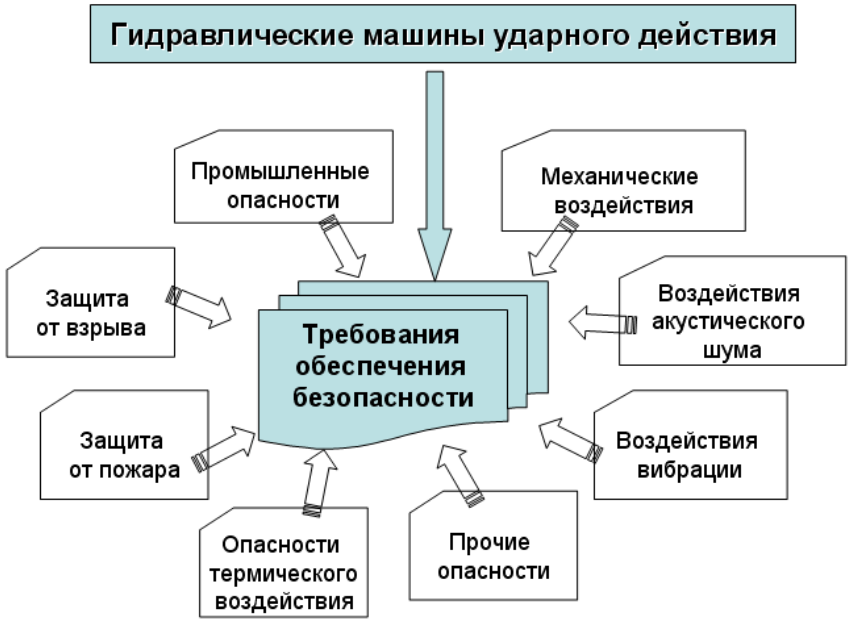


Рис. 1. Перечень основных источников опасности возникающих при эксплуатации ГМУД в нештатных ситуациях

Для ГМУД в качестве опасностей от *механических воздействий* могут быть представлены:

− опасности от элементов машин и рабочего оборудования;

− опасность ранения;

− опасность удара;

− опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием;

− опасности, обусловленные выбросом жидкости.

Источники опасности механического характера обычно связаны с особенностями конструкции элементов машины или с аккумулированием энергии при эксплуатации машины.

При обеспечении защиты от механических воздействий необходимо учитывать, что опасные классы и виды механических воздействий многочисленны и следует использовать имеющиеся методики и средства их оценки.

Для ГМУД к мерам, обеспечивающим *защиту от пожаров* могут быть отнесены:

− меры, по обеспечению недопущения возгорания;

− обеспечение эффективными средствами пожаротушения и другими видами средств спасения.

При обеспечении пожарной безопасности необходимо помнить, что защитные меры состоят из двух частей: недопущения возгорания и эффективного пожаротушения. Для выполнения первой части защитных мер необходимо идентифицировать все источники потенциального возгорания, рассмотреть возможные способы их воспламенения и сценарии горения.

Так как технологический процесс функционирования ГМУД основан на высвобождении кинетической и тепловой энергии, то следует изучать и *промышленные опасности*.

Для обеспечения защиты от промышленных опасностей необходимо комплексное рассмотрение сценарии всех потенциальных опасностей, присущих горнодобывающему производству, с учетом используемых технологий и оборудования.

Для ГМУД к числу *опасностей термических воздействий* могут быть отнесены опасности, связанные с выделением избыточного тепла:

− ожоги, обваривания и другие термические повреждения тканей, вызванные контактом людей с объектами или веществами, нагретыми до опасно высоких температур, из-за контакта с открытым пламенем, в результате взрыва или теплового излучения источников тепла;

− ущерб, причиненный здоровью при работе в жарком климате.

Для обеспечения защиты от термических воздействий необходимо комплексное рассмотрение всех элементов конструкции, работа которых сопровождается интенсивным выделением тепла, их идентификация и описание сценария действий по термической защите, в первую очередь людей, находящихся в зоне термического воздействия.

Отдельно следует выделить для ГМУД *опасности, возникающие из-за воздействия акустического шума* и вызывающие потерю слуха (глухоту), другие физиологические расстройства (например, нарушение работы вестибулярного аппарата, потерю ориентировки в пространстве, а также *опасности, связанные с воздействием вибрации* на тело человека, особенно в сочетании с неудобной позой.

В период эксплуатации ГМУД возможны различные сценарии реализации представленных опасностей, например:

− непреднамеренный пуск, непреднамеренный переход на режим движения с недозволенной скоростью (или другое подобное нарушение нормальной работы);

− невозможность остановить машину наилучшим способом;

− выход из строя источника мощности или энергии;

− выход из строя контура управления;

− ошибки подсоединения арматуры трубопроводов и шлангов;

− потеря устойчивости/опрокидывание машины.

Одним из непременных условий эффективности использования ГМУД по назначению, безопасности работающих и охраны окружающей среды является правильная подготовка машин к эксплуатации.

При эксплуатации ГМУД должны быть обеспечены:

− безопасное использование ГМУД в течение установленного срока;

− безопасность ГМУД при проектных нештатных ситуациях;

− защита от предполагаемого недопустимого использования.

Для обеспечения безопасной эксплуатации ГМУД необходимо:

− соблюдение всех требований и инструкций по установке и монтажу навесного рабочего оборудования;

− выполнение инструкции по эксплуатации (включая проектные нештатные ситуации);

− проведение обслуживания, ремонтов и необходимых проверок;

− согласование с изготовителем проводимых модификаций, если это предусмотрено разработчиком, изготовителем;

− использование персонала требуемой квалификации.

Наряду с рекомендациями изготовителя, изложенными в эксплуатационной документации должны соблюдаться требования технических регламентов (ТР), в частности ТР «О безопасной эксплуатации и утилизации машин и оборудования».

ВЫВОДЫ:

Дана характеристика ГМУД как потенциально опасных объектов, формировать требования безопасности, для которых следует с позиций минимизации влияния факторов вызывающих возникновение нештатных ситуаций.

Выполнен анализ типовых опасностей, опасных ситуаций применительно к ГМУД, позволивший сформулировать базовые требования по обеспечению их технической безопасности.

В доказательной форме установлено, что гидравлические машины ударного действия являются высокоэнергетическими объектами, обеспечение технической безопасности которых требует выделения их в особую классификационную группу с внесением нормативных требований по оценке рисков возникновения нештатных ситуаций в соответствующем отраслевом техническом регламенте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зорин, В. А.* Требования безопасности к наземным транспортным системам: учебник /В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 187 с. – ISBN 975-5-361-00095-1.

2. *Ушаков, Л. С.* Импульсные технологии и гидравлические ударные механизмы: учебное пособие для вузов /Л. С. Ушаков. – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2009. – 250 с.

3. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ, 27.12.2002 г.

4. ГОСТ Р 51344-99. Безопасность машин. Принципы оценки и определения риска. – 15с.

5. *Севрюгина, Н.С.* Обоснование необходимости введения показателя чувствительности технической системы для целей технического регулирования / Н.С. Севрюгина, В.М. Бабин // Строительные и дорожные машины – 2007. – №01 – С. 48-50.

6. *Севрюгина, Н.С.* Системный подход оценки влияния эргономических показателей транспортных машин на эффективность технического сервиса /Н.С. Севрюгина // Безопасность труда в промышленности – 2010. – №06 – С. 56-59.

Платонов А. А., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный университет путей сообщения

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНИКИ НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ПРИ ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

paa75@yandex.ru

Установлено, что для обслуживания и текущего содержания железнодорожного пути перспективной является техника на комбинированном железнодорожном и автомобильном ходу. Выявлено, что немаловажной проблемой является сложность дальнейшего сервисного обслуживания такой техники при необходимости соблюдения его качества. Раскрыты факторы, оказывающие влияние на качество сервиса. Показаны направления, позволяющие повысить качество сервиса техники на комбинированном ходу.

Ключевые слова*: техника, железнодорожный путь, комбинированный ход, качество сервисного обслуживания.*

В настоящее время в Российской Федерации сервисное обслуживание техники становится всё более определяющим фактором при выборе поставщика, как для обычного её использования, так и на корпоративном рынке [1]. При этом в эпоху продолжающегося реформирования ОАО «РЖД», когда на базе некогда единой железной дороги создаётся целый ряд дочерних компаний, представляющих в совокупности единый холдинг, сервис (и особенно его качество) технических средств рассматривается как стратегическая основа для формирования конкурентного преимущества.

Учитывая, что сервис представляет собой сложную структуру, направленную на взаимодействие с потребителем, использующую при этом различные ресурсы предприятия (как материальные, так и нематериальные) и нацеленную на увеличение прибыльности предприятия, исследования в области повышения качества сервисного обслуживания являются весьма актуальными.

Особенное значение повышения качества сервисного обслуживания имеет при строительстве железных дорог, мостов и транспортных тоннелей, а также при их дальнейшем содержании.

Анализ используемой в настоящее время техники для обслуживания, среднего ремонта и текущего содержания железнодорожного пути показал, что весьма перспективной является так называемая техника на комбинированном ходу.

Техника на комбинированном ходу (ТКХ) является современным и незаменимым помощником для обслуживания, среднего ремонта и текущего содержания железнодорожного пути. Главным преимуществом такой техники является её многофункциональность, когда за несколько минут грузовое транспортное средство становится заменой дрезины или тепловоза с возможностью движения по железнодорожному пути. Техника на комбинированном ходу может осуществлять множество операций: подвозка и замена любого материала, в том числе рельс и части стрелочного перевода, разгрузочно-погрузочные работы, очистка территории и путей в летнее и зимнее время и т.д. Транспортное средство является источником энергии для ручного путевого гидроинструмента. Кроме того, большинство путевых работ требует перерыва в движении поездов, в то время как техника на комбинированном ходу ускоряет этот процесс из-за своей универсальности передвижения как по шоссе, так и по железной дороге.

Эстонской компанией AMEERIKA AUTOTEENINDUSE OÜ [2] была изготовлена первая из пяти заказанных ОАО «РЖД» путеремонтных летучек KAMAZ ЛПК-25Е (рис. 1), которая была показана в сентябре 2012 г. на выставке железнодорожной техники, посвящённой 175-летию железных дорог России [3]. Машина предназначена для размещения и перевозки оборудования, механизированного инструмента и перевозки рабочих ремонтных бригад при выполнении ими работ по текущему содержанию и различным видам ремонта железнодорожного пути.

ЛПК-25Е монтируется на полноприводном шасси КамАЗ-53228-1990-15 (повышенной проходимости 6х6) и снабжена комбинированным ходом HR-KAM53228. Летучка ЛПК-25Е может эксплуатироваться на автомобильных дорогах различных категорий (в том числе и на бездорожье) и на железных дорогах колеи 1520 мм. При этом максимальная транспортная скорость передвижения её по автодорогам 60 км/ч, а максимальная скорость при работе на рельсах железнодорожного пути 40 км/ч.

Той же компанией AMEERIKA AUTOTEENINDUSE OÜ изготавливается целая линейка техники на комбинированном ходу. Так, для инспектирования железнодорожного пути

изготавливаются машины дорожного мастера (рис. 2) с возможностью как визуального контроля пути, так и контроля с измерением (используя дополнительное оборудование).

а *б*

Рис. 1. Путеремонтная летучка KAMAZ ЛПК-25Е

а *б*

Рис. 2. Машины дорожного мастера

Для текущего содержания железнодорожного пути изготавливаются машины TKX Ford F250 для дорожного мастера и TKX Ford F350 (рис. 3, *а*) для путевой бригады, позволяющие проводить различные виды планово-предупредительных работ, замену шпал, подбивку пути, смену рельс и стрелок. Машины снабжены полным приводом (4×4), коробкой-автоматом и двигателем объёмом 6 л (турбодизель мощностью 325 л.с.). В 2012 г. была выпущена летучка нового поколения на базе шасси Ford F450 4x4 (рис. 3, *б*).

а *б*

Рис. 3.TKX Ford F350 и TKX Ford F450

Для перевозки материалов разработан автокран-самосвал на комбинированном ходу, назначением которого является перевозка и складирование материалов, шпал и рельсов как по шоссе,

так и по железной дороге, а также возможность уборки снега, в том числе с колеи железной дороги (рис. 4, *а*). Назначением же многофункционального полноповоротного экскаватора-погрузчика Komatsu PW160 (относящегося к категории спецтехники) является, например, смена шпал, выправка пути, ввод железнодорожных плетей в температурный режим и т.п. Машина снабжена двигателем объёмом 4,5 л и мощностью 121 л.с. (рис. 4, *б*).

а *б*

Рис. 4. Автокран-самосвал и экскаватор-погрузчик

Планируемый прирост автомобильного парка для текущего содержания железнодорожного пути потребует от дочерних компаний ОАО «РЖД» соответствующего развития сферы их сервисного обслуживания и ремонта. При этом, несмотря на очевидные преимущества выше рассмотренной техники у неё есть и очевидные недостатки, главным из которых является сложность её изготовления. Кроме того, немаловажной проблемой является сложность дальнейшего сервисного обслуживания при необходимости соблюдения его качества, заключающаяся в том, что в настоящее время сервисное обслуживание существующей железнодорожной техники является не приспособленным к обслуживанию автомобильной техники, а сервиса автомобильной техники – соответственно к сервису железнодорожной.

В целом, качество сервиса – это относительный показатель степени удовлетворённости заказчика оказанными сервисными услугами. Данный показатель определяется целым набором характеристик и свойств процессов, результатов и ресурсов, связанных с предоставлением сервисного обслуживания заказчику [1].

Как отмечается в исследованиях [4, 5], среди множества факторов, влияющих на качество сервиса, можно выделить 4 основные группы (рис. 5). К этим группам относятся характеристики внешней среды (например, характеристика места размещения сервисного центра и наличие фирм-конкурентов), характеристики обслуживаемого парка (определяемые, в том числе, спецификой их работы), характеристики внутренней среды (к которым относится производственный потенциал предприятия), а также показатели клиентоориентированности.

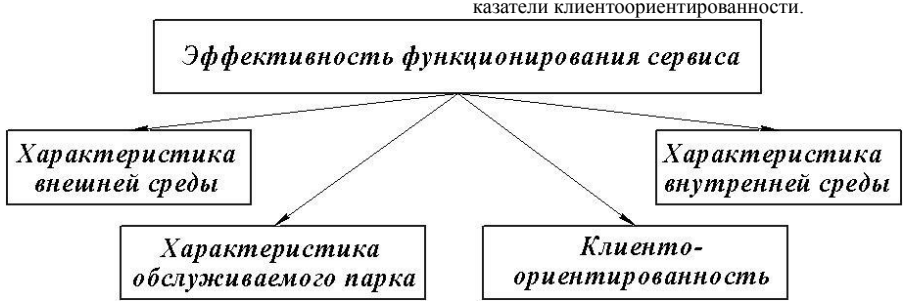


Рис. 5. Факторы эффективности функционирования сервиса

В целом же на основе вышесказанного можно сделать следующий вывод.

Отдельное внимание при обслуживании техники на комбинированном ходу следует уделить фактору «характеристики обслуживаемого

парка». В силу специфики работы такой техники при её сервисном обслуживании необходимо будет с одной стороны соблюдать требования технического регламента «О безопасности колёсных транспортных средств» (вступившего в действие 23.10.2010 г.), а с другой стороны требования технического регламента ЕврАзЭС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (который вступит в действие после согласования его всеми государствами-участниками ЕврАзЭС).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белобжецкий, В.Н.* Особенности автотранспортного сервиса / В.Н. Белобжецкий // Вестник Орловского государственного университета. Серия: Новые гуманитарные исследования. – 2012. – № 2. – С. 276-279.

2. http://kombihod-ru.sn21.zone.eu/o-kompanii Техника на комбинированном ходу (ТКХ). Дата обращения: 25.01.2013.

3. Железнодорожная техника в Щербинке // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 10. – С. 10-14.

4. *Ахмеджанов, Р.Ш.* Технический аспект организации и проектирования участка приемки-выдачи автомобилей на предприятиях технического сервиса / Р.Ш. Ахмеджанов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2008. – № 2. – С. 11-15.

5. *Макарова, И.В.* Эффективность системы фирменного сервиса как один из факторов устойчивости производственной системы / И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, Л.М. Мухаметдинова, Д.Ю. Шакирова, Р.Ф. Зиганшина // Вестник Южно-Российского государственного технического университета. – 2011. – № 3. – С. 110-113.

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Корнеев В. Т., доц.
Мухин Н. П., доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РОЛЬ СТУДЕНЧЕСКИХ ОЛИМПИАД В ПОВЫШЕНИИ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

korvt@rambler.ru

Год от года в вуз приходят все менее подготовленные по физике абитуриенты. Число аудиторных часов на изучение физики в техническом вузе также сокращается. Без этого получить хорошо подготовленного специалиста, магистра, бакалавра – становится проблематичным. Один из путей, помогающих повысить интерес к физике, мотивацию к её изучению у студентов, становятся студенческие олимпиады. Кратко рассматривается вопрос об организации олимпиадной работы на кафедре физики БГТУ им. В.Г. Шухова.

Ключевые слова: *олимпиада, мотивация, специалист, магистр, бакалавр.*

Хотя, казалось бы, значение физики для студента технического вуза очевидно, приходится констатировать, что год от года в вуз приходят все менее подготовленные по физике абитуриенты.

Выбор учениками предметов для сдачи ЕГЭ красноречиво говорит о реальном отношении учащихся к своим знаниям и их самооценке. В таблице приведена информация по выпускникам Белгородской области, где ведется глубокая целенаправленная работа по привлечению учащихся к сдаче ЕГЭ по дисциплинам, требующимся для поступления в вузы на технические специальности (табл. 1)

Таблица 1

Количество учащихся, зарегистрированных на ЕГЭ по предметам (Белгородская обл., 2012 г.)

Количество учащихся, зарегистрированных на ЕГЭ по предметам	2010 г.		2011 г.		2012 г.	
	Кол-во	% от общ. кол-ва	Кол-во	% от общ. кол-ва	Кол-во	% от общ. кол-ва
Математика (общее количество выпускников)	**8854**	100%	**8675**	100%	**9659**	100%
Физика	**2277**	25,7%	**2616**	30,2%	**2920**	30,2%
Информатика и ИКТ	**525**	6%	**750**	8,6%	**896**	9,3%
Химия	**759**	8,6%	**969**	11,2%	**1075**	11,1%
Обществознание	**5293**	59,8%	**5601**	64,6%	**6556**	67,9%

Из таблицы видно, что, благодаря работе органов управления образованием, общеобразовательных учебных заведений, системы довузовской подготовки, поставленную задачу по привлечению к техническим направлениям подготовки удается частично решать. Но улучшение обстановки остается незначительным. На диаграмме (рис. 1) видно, что ориентация на гуманитарные направления подготовки все же опережает рост ориентации на технические направления. Но это – только количественные показатели. Качественные показатели менее утешительны.

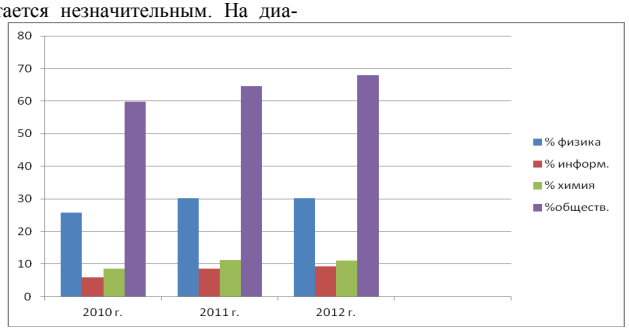


Рис. 1. Доля выпускников, сдающих ЕГЭ по предметам (предварительные данные)

Опубликованы предварительные итоги основного периода проведения ЕГЭ в 2012 году.

В ЕГЭ приняли участие свыше 843 000 человек, из них выпускников школ более 780 000 человек.

Распределение интересов участников ЕГЭ к сдаче предметов по выбору в 2012 году полностью соответствует общероссийским тенденциям прошлых лет. Наиболее популярными предметами ЕГЭ 2012 года стали обществознание (54% от общего количества участников ЕГЭ), физика (25%), биология (19%), история (18%). Среди наименее популярных предметов также традиционно география (2,8%) и литература (5%).

В Белгородской области сдавало физику 2009 человек (22,7% от числа выпускников). Обращает на себя внимание факт, что около 900 человек из числа заявленный на ЕГЭ по физике не стали сдавать этот предмет. Из них около 100 человек может приходиться на долю победителей и призеров межрегиональных олимпиад по физике. Неучастие остальных можно объяснить тем, что учащиеся оказались неподготовленными к экзамену и решили не рисковать.

Наибольшее количество участников ЕГЭ сдавали экзамены по 3-4 предметам (соответственно, 325,2 тыс. и 316,8 тыс. человек). Далее выбор количества предметов выглядит следующим образом: 2 предмета — 100,8 тыс. чел., 5 предметов — 70,9 тыс. чел., 1 предмет — 15 тыс. чел., 6 предметов — 11,8 тыс. чел., 7 предметов — 2,6 тыс. чел., 8 предметов — 667 чел.

В настоящее время есть результаты ЕГЭ по всем экзаменам, прошедшим в основные и резервные дни основного этапа.

По предварительным данным, 3,25% (более 25 000) выпускников не прошли государственную (итоговую) аттестацию. Этот показатель может незначительно измениться по результатам рассмотрения апелляций и проведения ЕГЭ в дополнительные сроки в июле.

Изменение структуры КИМ по ряду предметов привело к увеличению порога минимальных баллов, и, как следствие, к увеличению доли лиц, не преодолевших его:

- по химии — увеличение минимального порога с 32 до 36 баллов способствовало увеличению количества несдавших: с 8,4% 2011 году до 10,8% в 2012 году;
- по физике — увеличение минимального порога с 33 до 36 баллов способствовало увеличению количества несдавших: с 7,4% в 2011 году до 13,6% в 2012 году;
- по географии — увеличение минимального порога с 35 до 37 баллов способствовало увеличению количества несдавших: с 6,3% 2011 году до 8,4% в 2012 году.

В Белгородской области ЕГЭ по физике сдавали 2009 одиннадцатиклассников, из них 180 человек (или 8,9% от общего числа) не набрали проходной балл. Стобалльный результат показал один школьник. В целом по России такую оценку получил всего 41 человек.

Это говорит о повышении требований к качеству подготовки выпускников школ и, как следствие, будет способствовать более объективному отбору потенциальных абитуриентов в учреждения профессионального образования. Вместе с тем, это говорит и о низком уровне подготовки учащихся по физике. По нашему мнению, усложнение КИМ могло бы понизить средние баллы ЕГЭ, но не увеличить количество не прошедших минимальный порог. Однако, произошло и понижение среднего балла, и увеличение (почти вдвое!) доли учащихся, не сдавших физику.

Об этом же говорят и данные межрегиональных школьных олимпиад, проводимых университетом. На диаграмме (рис. 2) видно, что, несмотря на более широкое разворачивание олимпиадного движения и связанного с ним объема учебной и профориентационной работы, улучшение качества довузовской подготовки, которое сказывается на увеличении количества участников олимпиад, - наблюдается устойчивое снижение качества образования школьников в целом.

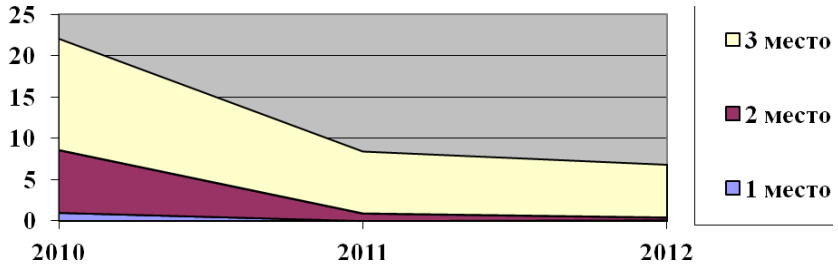


Рис. 2. Снижение доли победителей и призеров олимпиады по физике (11 класс). Перераспределение качества в сторону более низких степеней дипломов

Ряд факторов, среди которых и значительное количество часов, отводимых на изучение физики, на общение ученика с учителем в аудитории, - привел к тому, что у выпускников школ отсутствуют понятийное мышление, критический подход. Утрачено умение связно излагать мысль в устной или письменной форме. Практически отсутствуют наработанные навыки умственной деятельности, решения задач.

Число обязательных часов на изучение физики сокращается, а объем учебного материала и требования к глубине овладения им – увеличиваются.

Программа по физике для технических вузов остается «общей», не учитывая в полной мере профессиональную направленность обучения. Не развивается в достаточной степени мотивированность студентов на изучение физики.

Студенты слабо усваивают практические навыки из-за малой связи между физикой и профильными дисциплинами. При этом число аудиторных часов на изучение физики сокращается.

Одним из механизмов, позволяющих в какой-то степени повысить интерес студентов к физике и их подготовленность, является олимпиадное движение, которое сейчас начинает оживляться.

На кафедре физике БГТУ им. В.Г. Шухова эта работа строится таким образом. По рекомендации преподавателей часть студентов направляется на дополнительные занятия в специально созданную «олимпиадную» группу. В ней преподаватели кафедры проводят занятия по материалу, имеющему повышенную сложность, связанному с олимпиадами. В этих группах проводятся свои отборочные внутренние олимпиады, затем студенты участвуют в олимпиадах, проводимых для студентов вузов.

Хотя такая работа начата недавно, уже на второй год обозначилось значительное продвижение студентов и рост интереса студентов к занятиям в такой группе.

Определенную трудность представляет отсутствие программ студенческих олимпиад, четкого положения, учитывающего разный уровень подготовки студентов различных вузов (на сегодня олимпиада проводится, например, без дифференциации курсов, объем изученного материала учитывается отчасти организаторами олимпиады уже в ходе ее проведения). Принятие более строгих и четких правил и программ позволит вовлечь в такую работу большее число студентов и заниматься с ними целенаправленнее.

Есть определенный эффект и от того, что в учебных группах появляются более подготовленные студенты: они непосредственно или опосредованно влияют на уровень подготовки, мотивацию и остальных студентов. Хотя этот фактор не является сейчас основным и определяющим, роль его заметно растет.

Для дальнейшего развития такой работы на кафедре будут организовываться группы в целях дополнительной целенаправленной подготовки к олимпиадам. Начата работа над банком задач олимпиадного уровня. Готовится методическое пособие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лернер П.С. Инженер третьего тысячелетия: учеб. пособие для профмльной и профессиональной ориентации и профильного обучения школьников. – М.: Издательский цент «Академия», 2005. – 304 с.

2. Швецов В.И., Долова С.Л. Научно-методические основы организации и проведения предметных олимпиад школьников. – Ж-л «Школа будущего». №3 2012 г., С. 120-127.

3. Афанасьев А.А., Корнеев В.Т. Компетенции выпускников вузов и метод их реализации на основе организации университетских профильных классов в системе среднего образования / Непрерывное многоуровневое профессиональное образование: традиции и инновации: в 2 ч. Ч.2.Информатизация образования. Повышение качества профессиональной подготовки /Сб. статей региональной научно-методической конференции. – Воронеж: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т – Воронеж, 2011.

4. Афанасьев А.А., Корнеев В.Т. Профессиональная ориентация в инженеры: технология и искусство / Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, Белгород, 09 декабря 2011 г., Ч.2. / Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011 – с. 21-26.

5. Фомин В.Н., Шумова Е.Ю. Опережающая адаптация школьников к обучению в высшей школе // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: сб. матер. III Всеросс. науч.-практ. конф. (Белгород, 9 декабря 2011 г.). В 2 ч. Ч.2 / под ред. В.С. Севостьянова, Н.Н. Реутова, В.Н. Фомина. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. – С. 238–244.

Ильина Л. В., канд. биол. наук, доц.,
Шатковская Н. А., канд. хим. наук, доц.,
Швецова М. Ж., канд. сел.-хоз. наук, ст. преп.
Белгородский университет кооперации, экономики и права

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ТИАМИНА В ПИТАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА

IlinaLV@live.bukep.ru

В работе приведены данные анкетного опроса студентов об употреблении продуктов с различным содержанием тиамина (витамина B_1). Анализ ежедневного рациона показывает наличие дефицита тиамина у всех студентов. Различия в рационе студентов-юношей и девушек отмечено по уровню и виду мясных продуктов, круп и хлеба.

Ключевые слова: *тиамин, рацион питания, авитаминоз*

Недостаточность витамина B_1 относится к так называемым болезням цивилизации. Основными причинами её являются, с одной стороны, возрастающее потребление хлебных изделий из пшеничной муки высшего и первого сортов, бедных тиамином, а с другой – высокое потребление сахара и кондитерских изделий, увеличивающих легковсасываемую углеводную часть пищевого рациона, что приводит к повышенной потребности организма в тиамине.

Характерными проявлениями B_1- авитаминоза являются общее истощение организма, потеря массы тела. Нарушения со стороны нервной системы выражаются в головных болях, раздражительности, умственной и физической утомляемости, состояние депрессии. На потребность в витамине оказывает влияние большое нервно-психическое напряжение, когда даже при сравнительно небольших энергозатратах требуется высокое содержание белка и витаминов, прежде всего группы В в пищевом рационе [1].

С целью изучения возможной недостаточности по витамину B_1 в рационе студентов нашего университета, было проведено анкетирование ста пятидесяти студентов в возрасте от 15 до 20 лет.

Студенты указывали примерное количество употребляемого продукта, в каком виде этот продукт потребляется (каша, гарнир, пюре, в салатах или супах, вареное или жареное и т.д.), а также частоту употребления каждого продукта.

Таблица 1

Употребление продуктов питания с разным содержанием тиамина студентами всех исследованных групп суммарно

Продукт	Содержание, тиамина, мг%	Ежедневно		Несколько раз в неделю и реже	
		всего	%	всего	%
Дрожжи пивные	0,84	16	10,7	12	8,0
Горох	0,72	11	7,3	52	34,7
Фасоль	0,54	7	4,7	33	22,0
Крупа овсяная	0,50	24	16,0	24	16,0
Крупа гречневая	0,51	36	24,0	71	47,3
Орехи грецкие	0,48	15	10,0	66	44,0
Свинина	0,25	34	22,7	63	42,0
Телятина	0,23	12	8,0	29	19,3
Баранина	0,17	9	6,0	32	21,3
Хлеб ржаной	0,17	73	48,7	10	6,7
Куры	0,16	72	48,0	57	38,0
Хлеб пшеничный	0,10-0,20	100	66,7	9	6,0
Крупа манная	0,10	9	6,0	42	28,0
Говядина	0,10	30	20,0	56	37,3
Картофель	0,09	114	76,0	25	16,7
Капуста белокочанная	0,08	42	28,0	53	35,3
Томаты	0,06	58	38,7	39	26,0
Молоко коровье	0,05	51	34,0	48	32,0
Фрукты разные	0,02-0,08	123	82,0	9	6,0
Макароны	Следы	64	42,7	50	33,3
Рис шлифован.	0,00	40	26,7	75	50,0
БАД		30	20,0	7	4,7

По результатам анализа анкетных данных выявлено, что продукты с высоким содержанием тиамина, такие как горох и фасоль, все студенты употребляют крайне редко, только в виде консервированных продуктов в салатах. Большинство студентов включают эти продукты в свой рацион реже, чем раз в неделю.

Овсяную и гречневую крупы, богатые тиамином, в виде каши или гарнира ежедневно едят 40% студентов.

Одним из главных источников тиамина в ежедневном питании является хлеб. При этом большинство студентов считают ржаным пшеничный хлеб из муки грубого помола, а пшеничным указывали хлеб из высокоочищенной муки. Тем не менее, хлеб едят все студенты, но более полезный, ржаной – около 48%, а белый с низким содержанием тиамина – около 67% студентов.

Среди овощей с наибольшим содержанием тиамина выделяется картофель, который и преобладает в рационе у 76% студентов.

Макаронные изделия и рис с низким содержанием витамина ежедневно употребляют ежедневно около 43% и 27% соответственно.

Белки высокой биологической ценности обладают известным сохраняющим тиамин действием. Они способны снижать потребность в тиамине, возможно, путем улучшения связывания и использования его в организме. Источником таких белков являются мясные продукты, в которых также содержится тиамин. Большинство студентов – 48% из мясных продуктов ежедневно едят куриное мясо, со средним содержание витамина, свинину, более богатую тиамином – около 23%. Тем не менее, различное мясо присутствует в рационе всех студентов ежедневно. Зная о различиях в отношении к питанию, рассмотрели употребление продуктов в группах девушек и юношей раздельно. В опросе участвовали 101 девушка и 49 юношей.

Сравнение рационов питания показывает, что девушки в два раза больше употребляют овсяную и гречневую крупу, юноши на 15% чаще предпочитают картофель. По отношению к мясу также имеются различия: куриное мясо в рационе у 49,5% девушек, а у юношей – оказывают предпочтение курятине около 36%. Свиное мясо, более богатое тиамином, ежедневно входит в рацион питания у 32% юношей, и только у 20% девушек. Белый хлеб девушки едят чаще, чем юноши, ржаной – примерно одинаково. Сравнение по другим продуктам из предложенного списка показывает, что юноши чаще, чем девушки, едят другие виды мяса, особенно говядину. Примерно одинаково любят томаты (в основном томатный сок), капусту девушки едят в полтора раза чаще (салаты). Около 32% студентов в обеих группах пьют ежедневно молоко. Макароны в рационе девушек ежедневно присутствуют у 38% опрошенных, у юношей гораздо реже – только у 7%.

Таблица 2

Употребление продуктов питания с разным содержанием тиамина студентами – девушками и юношами, % от числа опрошенных

Продукт	Содержание, тиамина, мг%	Ежедневно		Несколько раз в неделю и реже	
		девушки	юноши	девушки	юноши
Горох	0,72	6,9	8,2	33,7	36,7
Фасоль	0,54	5,0	4,1	17,8	30,6
Крупа овсяная	0,50	18,8	10,2	14,9	18,4
Крупа гречневая	0,51	23,7	24,5	52,4	36,7
Орехи грецкие	0,48	9,9	10,2	48,5	34,7
Свинина	0,25	19,8	28,6	44,6	36,7
Телятина	0,23	5,9	12,2	18,8	20,5
Баранина	0,17	5,9	6,1	17,8	28,6
Хлеб ржаной	0,17	52,4	42,8	5,9	8,2
Куры	0,16	49,5	44,9	38,6	36,7
Хлеб пшеничный	0,10-0,20	65,3	69,4	7,9	2,0
Крупа манная	0,10	3,9	10,2	29,7	24,5
Говядина	0,10	18,8	22,4	39,6	32,6
Картофель	0,09	78,2	73,7	16,8	16,3
Капуста	0,08	28,7	26,5	40,6	24,5
Томаты	0,06	38,6	38,8	34,7	8,2
Молоко коровье	0,05	32,7	36,7	36,6	22,4
Фрукты разные	0,02-0,08	81,2	79,6	6,9	4,1
Макароны	Следы	37,6	53,1	35,6	28,6
Рис шлифован.	0,00	24,7	30,6	55,4	38,8
БАД		22,8	14,3	5,0	4,1

Биологически активные добавки, в виде дражированных витаминов, добавляют к питанию чуть больше 20% и девушки, и юноши. Когда речь зашла о пивных дрожжах, выяснилось, что девушки действительно принимают таблетки, а юноши имеют в виду только пиво, и достаточно многие (около 14%) употребляют его ежедневно.

Все студенты считают фрукты основным источником всех витаминов, ежедневно их употребляют более 80% студентов, но витамин B_1 в них содержится в очень малых концентрациях. В овощах и фруктах большое содержание витаминов С (аскорбиновая кислота),

Е (токоферолы), микроэлементов и пищевых волокон, но витамины группы В содержатся в основном в зерновых продуктах – в их оболочках, удаляемых при обработке, и уходящих в отруби, в бобовых растениях всех видов.

Как видно из результатов исследования, студенты всех исследованных групп в отношении витамина B_1 – тиамина имеют несбалансированный рацион питания. Для того чтобы полностью покрывать потребность в этом витамине, необходимо увеличить долю продуктов, богатых тиамином. Невозможно увеличивать количество хлеба в ежедневном питании, но можно исключить хлеб из муки высшего качества, добавив вместо него ржаной хлеб. Ежедневное питание горохом и фасолью также нереально, но даже в столовой университета можно изготавливать витаминизированные тиамином булочки, используя в качестве добавки, например, гороховую муку [2].

Кроме того, необходимо повышать общую «пищевую» грамотность студентов и их родителей. Сравнение рационов студентов, живущих в общежитии и студентов питающихся дома, показывает почти полное сходство, они практически не отличаются по набору ежедневных продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тутельян В.А., Спиричев В.Б. Суханов Б.П., Кудашева В.А.* Микронутриенты в питании здорового и больного человека. – М.: Колос, 2002. – 424 с.

2. *Ильина Л.В., Криничная К. А.* «Обогащение продуктов питания тиамином с использованием природного сырья». В сб. «Молодежь и кооперация: Реальность и будущее». Международ. студен. науч. конференция. Белгород, БУКЭП, 2011.

Курганская Л. М., канд. пед. наук, доц.
Белгородский государственный институт искусств и культуры

ЧИТАТЕЛЬСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ БУДУЩИХ БИБЛИОТЕКАРЕЙ

kurganskayal@yandex.ru

Читательская грамотность – это способность человека понимать и использовать письменные тексты, размышлять о них и заниматься чтением для того, чтобы достигать своих целей, расширять свои знания и возможности, участвовать в социальной жизни.

Грамотный читатель не только умеет читать с определенной скоростью (скорость чтения, несомненно, важна, однако она не показатель грамотного чтения), но и ценит чтение, использует его для решения самых разных задач в своей жизни и деятельности. Читательская грамотность помогает человеку участвовать в социальной жизни, удовлетворять свои собственные нужды, как социальные, так и политические, культурные.

Ключевые слова: *читательская грамотность, читательские умения, воспринимать, воссоздавать, устанавливать причинно-следственные связи, логика, развитие действия, эпическое произведение, эмоции, лирика, конфликт, драма.*

Чтобы научить других, необходимо уметь самому. Это непреложная истина, которую вряд ли кто-нибудь станет оспаривать. Современный библиотекарь совмещает в себе и педагога, и психолога, и доброго советчика, поэтому сегодня остро стоит вопрос о том, чтобы сформировать у студентов бакалавриата, будущих библиотекарей, читательскую грамотность. Наш опыт показывает, что будущие библиотекари зачастую не обладают читательской грамотностью. Более того, многие уже работающие библиотекари находятся на том же уровне, что и студенты.

Что представляют собой читательская грамотность?

Читательская грамотность – это способность человека понимать и использовать письменные тексты, размышлять о них и заниматься чтением для того, чтобы достигать своих целей, расширять свои знания и возможности, участвовать в социальной жизни.

Грамотный читатель не только умеет читать с определенной скоростью (скорость чтения, несомненно, важна, однако она не показатель грамотного чтения), но и ценит чтение, использует его для решения самых разных задач в своей жизни и деятельности. Читательская грамотность помогает человеку участвовать в социальной жизни, удовлетворять свои собственные нужды, как социальные, так и политические, культурные.

Чтение – это сложноорганизованная деятельность, и не все ее элементы поддаются измерению. Одной из важнейшей составляющей читательской деятельности являются читательские умения. Без овладения читательскими умениями не может состояться грамотный читатель. Современная жизнь предъявляет к чтению новые задачи: очень быстро нарастает количество текстов, появляются печатные тексты нового типа. Соответственно, сегодня изменяется и видение задачи обучения – обучение умению учиться с помощью текстов. Если раньше основное ожидание по отношению к обучающемуся сводилось к формуле: «Прочти и перескажи», то теперь отдается предпочтение поиску информации и ее использованию. Для того, чтобы найти необходимую информацию, надо владеть определенными читательскими умениями.

Для определения сущности читательских умений более точной представляется трактовка умения как готовности, способности наиболее эффективно выполнять действия в соответствии с целями и условиями, в которых приходится действовать. При таком понимании читательских умений подчеркивается их творческий характер, необходимость опоры на литературоведческие знания при выборе и применении приемов анализа текста в соответствии с целесообразностью их использования в каждом конкретном случае.

Содержание системы читательских умений определяется закономерностями процесса восприятия художественного произведения и потребностью читателя в тех или иных умениях для осуществления полноценного общения с литературным произведением. Структура умения отражает структуру художественного текста.

Чтобы подготовить высококвалифицированного специалиста, необходимо у будущих библиотекарей сформировать следующие читательские умения как компоненты читательской грамотности.

1. Умение воспринимать изобразительно-выразительные средства языка в соответствии с их функцией в художественном произведении.

Формулировка данного умения отражает суть перцептивной деятельности читателя. Читателю не только необязательно знать названия различных тропов, но и не нужно выделять в тексте «образные выражения» и объяснять их значение, переводя образ в логическую формулу и тем самым уничтожая его. Нужно научить читателя адекватно воспринимать те выразительные средства, с которыми он встречается при чтении, т.е., вникая в построение фразы, в выбор слова, задумываться над авторским выбором, воссоздавать в воображении картины жизни, образы героев, постигать авторскую позицию и т.д. Способствуют формированию данного умения такие приемы анализа текста, как подбор синонимов с целью осмысления оттенков значения слов, сопоставление авторского текста с намеренно искаженным вариантом с целью оправдания авторского выбора, выделение изобразительно-выразительных средств языка с целью воссоздания картин природы, характеристики персонажей, выявления авторской позиции. Основой для верного восприятия и оценки изобразительно-выразительных средств языка послужит представление о слове как о средстве создания художественного образа и выражения авторского отношения, которое дети приобретают в процессе анализа текста.

2. Умение воссоздавать в воображении картины жизни, изображенные писателем.

Роль данного умения в процессе восприятия трудно переоценить. В образе находит свое выражение сущность эстетического освоения мира писателем, поэтому полноценное восприятие художественного произведения возможно только через воссоздание образа.

При недостатке впечатлений, полученных в реальной действительности, воссозданный читателем образ второй – художественной – действительности будет беден. Однако при превалировании впечатлений реальной действительности и невнимания к изобразительно-выразительным средствам языка картина, воссозданная читателем, может оказаться весьма далекой от литературного образа. Следовательно, необходимо развивать активность воображения читателя и учить его направлять и корректировать свое воображение, опираясь на текст художественного произведения.

Формирование рассматриваемого умения базируется на начальном представлении о соотношении литературы и действительности, выраженном в доступной форме, и на понимании различия между оценкой прочитанного как произведения искусства и отображением отношения к жизни, описанной в произведении.

3. Умение устанавливать причинно-следственные связи, видеть логику развития действия в эпическом произведении, динамику эмоций в лирике, движение конфликта в драме.

Данное умение направлено на постижение композиции – важнейшего элемента художественной формы. Глубина и целостность восприятия во многом зависит от умения устанавливать связи между частями текста.

Наиболее эффективные приемы формирования данного умения – составление плана эпического произведения, основанного на вычленении сюжетных элементов, создание видеоклипа, передающего смену эмоциональной тональности повествования, выразительное чтение, отражающее динамику эмоций.

4. Умение целостно воспринимать образ-персонаж в эпосе, образ – переживание в лирике, характер в драме как элементы, служащие для раскрытия идеи.

В эпическом произведении основная роль в раскрытии идеи принадлежит образам героев. Целостное восприятие персонажа предполагает, что у читателя возникает эмоциональное отношение к нему, что читатель соотносит мотивы, обстоятельства, последствия поступков героя, что, сопоставляя переживания, размышления и поступки, видит развитие образа, становление характера персонажа. Однако, относясь к герою, как к живому человеку, сопереживая ему, читатель должен одновременно видеть, как этот образ связан с идеей произведения. Формирование данного умения опирается на представление о приемах изображения персонажей, о способах выражения чувств, о том, что, изображая героев, автор высказывает свою точку зрения на решение какого-либо вопроса.

5. Умение видеть авторскую позицию (отношение, оценку) во всех элементах художественного произведения.

Данное умение можно рассматривать как составную часть каждого из перечисленных выше умений, но в учебных целях его полезно выделить. Это позволит направить внимание читателя на постижение авторской позиции в самой ткани художественного произведения, а не только в прямых авторских оценках. Независимо от того, отдает ли себе читатель в этом отчет, авторская позиция в той или иной степени всегда присутствует в воссозданном читателем образе, так как она кроется и в выборе жизненного материала, положенного в основу произведения, и в языке, и в композиции, и в образе героя. Но если читатель не чувствует авторской оценки, то знакомство с художественным произведением обогащает его знанием еще одной жизненной ситуации, но не приобщает к авторскому пониманию жизни, он приобретает житейский, а не духовный опыт. Формирование ценностных ориентиров личности непосредственно связано с умением видеть авторскую позицию.

6. Умение осваивать идею произведения.

Осознание идеи приходит в результате анализа, это процесс синтетический. Включение данного умения в систему аналитических умений обусловлено тем, что освоение идеи – это цель анализа, и если она не достигнута, то и членение живой ткани художественного произведения на части не оправдано. Освоение идеи основано на установление связей между всеми элементами произведения, в результате чего и рождается более глубокое его восприятие. Полноценное восприятие не сводится к формулированию своего понимания идеи произведения, оно предполагает переживание, принятие или непринятие авторской позиции.

В реальном процессе восприятия произведения все частные аналитические умения сосуществуют, взаимно обогащая друг друга.

Данные умения можно и нужно вырабатывать у будущих библиотекарей. Такие учебные курсы, как литература, педагогика и психология детского и юношеского чтения, если построены правильно и имеют названную цель – формирование читательской грамотности – несут в себе большой образовательный потенциал.

Киреев М. Н., канд. пед. наук, доц.
Коренева Е. Н., канд. пед. наук, доц.
Косолапов А. Н., аспирант
Белгородский государственный институт искусств и культуры

КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ЦЕННОСТНЫХ УСТАНОВОК СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ИСКУССТВ И КУЛЬТУРЫ

kireymn@mail.ru

Одной из важнейших задач в исследовании любого социально-педагогического феномена является определение критериев и уровней его сформированности. Настоящая статья посвящена исследованию критериев и показателей профессионально-ценностных установок студентов в условиях вуза культуры и искусств, а также выявлению соотношения компонентов профессионально-ценностных установок, групп ценностей, критериев и показателей.

***Ключевые слова**: профессионально-ценностная установка, критерии, показатели, уровни, компоненты, социокультурная сфера.*

Мы рассматриваем профессионально-ценностные установки будущего специалиста социокультурной сферы как один из ведущих факторов эффективности будущей профессиональной деятельности в сфере культуры и искусств. В ходе формирования профессионально-ценностных установок будущего специалиста этой сферы мы акцентируем внимание на системе профессиональных ценностей, эмоциональных отношений, взглядов и убеждений, эталонов, благодаря которым могут быть измерены ценностные установки студентов. Эта проблема напрямую связана с проблемой выделения критериев и показателей исследуемого феномена.

В.А. Ядов отмечает, что критериями определения уровня являются: а) принадлежность систем к различным классам сложности; б) специфичность законов и закономерностей каждого уровня; в) подчинение законов и систем низших уровней высшим; г) происхождение систем каждого последующего уровня из основных структур предыдущего; д) образования каждого последующего уровня относятся к образованиям предыдущего как система к своим элементам [2, с. 73]. В связи с этим, одним из основных моментов становится разработка критериев сформированности профессионально-ценностных установок студентов на избранную ими профессию и профессиональную деятельность в социокультурной сфере.

Критерии, как правило, отражают основные закономерности формирования личности. С помощью выделенных нами критериев мы попытаемся установить внутренние связи между компонентами системы профессионально-ценностных установок, определить степень сформированности профессионально-ценностных установок, сформировать наиболее полное представление об их составляющих (качественных и количественных). Каждый критерий имеет ряд показателей, которые характеризуют необходимые проявления исследуемого явления на различных этапах его изучения. Между компонентами и критериями существует определенная, обусловленная задачами исследования, взаимосвязь.

О сформированности профессионально-ценностных установок будущих специалистов социокультурной сферы мы судили, опираясь на потребностно-ценностный, интеллектуальный, эмоционально-волевой, личностно-направленный и рефлексивно-оценочный критерии.

Потребностно-ценностный критерий – базисный критерий эффективности формирования профессионально-ценностных установок студентов, являющийся одним из важнейших условий формирования любой установки. Потребность личности, наряду с ее активностью и возможностью удовлетворения этой потребности в различных ситуациях, является ведущим компонентом, актуализация которого ведет к превращению ее в ценность. Именно потребности и ценности образуют синкретическую систему личности и являются важнейшим мерилом и содержательной основой формирования профессионально-ценностных установок будущих специалистов. Мы рассматриваем потребности как источник формирования исследуемого нами феномена. Именно при их наличии может быть ситуативно осуществлен перенос ценностей.

Показателями потребностно-ценностного критерия являются: степень осознания ценности и значимости профессиональной деятельности; проявление интереса к ее проблемам; наличие потребности в овладении профессией и ее специфическими особенностями.

При изучении проблемы формирования профессионально-ценностных установок, особое внимание должно быть уделено степени усвоения и присвоения знаний, полученных специалистом в процессе обучения в вузе. Отсюда, второй критерий – *интеллектуальный*, который заключается в наличии системы определенного объема знаний, умений и способностей, необходимых для профессиональной деятельности, активность в применении усвоенных знаний. Овладение знаниями предполагает активную профессиональную деятельность специалиста. Студент должен понимать, что целесообразно приобрести в процессе самообразования, а что он может усвоить в ходе учебного процесса под руководством преподавателя**.**

Показателями данного критерия могут служить: понимание сущности профессиональной культуры; знание основных положений профессиональной деятельности, специфики подходов и механизмов организации профессиональной деятельности; умение планировать и организовывать эту деятельность.

Эмоционально-волевой критерий обоснован тем, что эмоции и ценности взаимосвязаны, взаимообусловлены, взаимозависимы. «Кристаллизация» ценностей основана на эмоциональном «проживании» личностью предлагаемых приоритетов (П.В.Симонов). Ценности эмоционально переживаются, а их наличие, в свою очередь, обусловливает положительные эмоции удовлетворения, восторга и радости, и наоборот. Особенность эмоциональной сферы человека, как правило, определяет специфику его деятельности и отношения. К содержательной сущности относят увлеченность своим делом, тактичность, инициативность, доброжелательность, доброту, заинтересованность, социальную активность, ответственность, эмпатию, эмоциональная устойчивость, самоопределение, самоконтроль, терпение, терпение,

Показателями данного критерия служат: увлеченность своим делом; наличие базовых чувств (эмоций): инициативность, доброжелательность, социальная активность, сформированность профессионально-значимых качеств личности: эмпатия, толерантность, эмоциональная устойчивость, Эффективность сформированности профессионально-ценностнных установок личности специалиста социокультурной сферы целесообразно оценивать по тому, в какой степени личностная установка способствует развитию тенденции к осуществлению творческой профессиональной деятельности. Это положение послужило основанием для выделения критерия сформированности профессионально-ценностных установок будущего специалиста социокультурной сферы *личностно-направленного критерия*. По сравнению с другими профессиями, специалист социокультурной сферы находится в особенной, специфической ситуации, так как именно он является мощным фактором развития личности различных категорий граждан в социокультурной среде. Л.С. Выготский писал, что «личность становится для себя тем, что она есть, через то, что предъявляет для других» (41). Такой подход подчеркивает значимость личностных характеристик выпускника вуза культуры и искусств в формировании его собственных профессионально- ценностных установок на профессию.

Показателями данного критерия являются: осознание личностной значимости в профессиональном пространстве; стремление к актуализации опыта профессиональной деятельности; стремление к творческому целеполаганию, самореализации и сотворчеству в рамках своей специальности.

Выделяя *рефлексивно-оценочного критерий,* мы исходили из того, что рефлексия является одним из ведущих «организмов» в сфере саморегуляции и самосразвития, умением анализировать свою собственную деятельность и поведение, обеспечивать регулировку и контроль в системе «человек – жизненные ситуации». Именно установка на рефлексию выводит человека из непосредственного временного пространства и заставляет его проанализировать ситуацию со стороны, находясь «над ситуацией». Актуализация рефлексии в нашем случае приводит к тому, что студент делает будущую профессиональную деятельность объектом своего воздействия, изменяет, совершенствует и заново проектирует и выстраивает ее на основе собственных ценностных установок на профессию.

В качестве показателей рефлексивно-оценочного критерия мы выделяем: способность к самоконтролю на основе личностно-значимых профессиональных ценностей; способность к рефлексии собственной профессиональной деятельности; саморегуляцию личности, как носителя и ретранслятора ценностного отношения к избранной профессиональной деятельности на основе сформированных в процессе обучения в вузе профессионально-ценностных установок.

Выделенные показатели мы рассматриваем в качестве признаков сформированности компонентов профессионально-ценностных установок студентов вуза культура и искусств. По нашему мнению, они являются отправной точкой в определении уровней развития исследуемого феномена.

Группы ценностей *ценности-профессиональное творчество* и *ценности-профессиональныее действия* не отражены нами в таблице в их соотнесенности с компонентами профессионально-ценностных установок студентов, потому что, на наш взгляд, эти две группы ценностей имеют отношение ко всем компонентам, так как исследуемые нами установки формируются в деятельности и в творчестве, в следствие специфических особенностей образовательного пространства вуза культуры и искусств.

Рефлексивный компонент профессионально-ценностных установок студентов как будущих специалистов социокультурной сферы мы не соотносим с какой-либо конкретной, выделенной нами, группой, так как мы считаем, что рефлексия обеспечивает самопознание, саморазвитие, самооценку личности и может вносить коррективы как в процесс формирования профессионально-ценностных установок студентов в целом, так и каждой группы ценностей в отдельности.

Таким образом, исследование содержательной сущности профессионально-ценностных установок студентов вуза искусств и культуры позволило сделать следующие выводы:

-профессионально-ценностные установки будущего специалиста социокультурной сферы представляют собой сложную структуру;

- ценностная, когнитивная, аффективная, конативная и рефлексивная составляющие представляют собой целостность, без которой формирование профессионально-ценностных установок не может быть обеспечено;

- на основе указанных компонентов структуры профессионально-ценностных установок разработаны критерии и показатели ее сформированности.

По степени сформированности ценностной, когнитивной, аффективной, конативной и рефлексивной составляющих можно судить и о степени сформированности профессионально-ценностных установок студентов – будущих специалистов социокультурной сферы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игнатова И.Б., Киреев М.Н. Ценностное отношение современной студенческой молодежи к правовой культуре: Монография / И.Б. Игнатова, М.Н. Киреев. – Белгород: БГИКИ, 2012. – 192 с.

2. Ядов В. А. Социологическое исследование: методология, программа, методы / В. А. Ядов. – М.: Наука, 1987. – 248 с.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Дводненко Е. В., канд. соц. наук, доц.,
Лысова И. И., канд. пед. наук, доц.,
Петряева Н. И., ст. преп.
Белгородского университета кооперации, экономики и права

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОНЯТИЯ «КУЛЬТУРА»

dval78@yandex.ru

В статье рассматриваются различные подходы к определению термина «культура», её коммуникативно-деятельностная, ценностная и символическая природа, а также роль и степень участия человека в культурных процессах.

Ключевые слова: *культура, цивилизация, духовные ценности, деятельность, удовлетворение потребностей, нормы, духовная жизнь общества, субкультура, метакультура, национальная культура, социальная информация, символ, антиномия, ценности.*

Понятие культуры является базовым для определения и исследования межкультурного общения, поэтому мы считаем необходимым подробно рассмотреть её дефиниции и подходы к её изучению. Слово «культура» в качестве исходного имеет латинское *Colere*, что означает «возделывание, воспитание, развитие, почитание, культ». Это слово означало «целенаправленное воздействие человека на природу, изменение природы в интересах человека, т.е. возделывание земли». [3]

Мыслители XYIII века отождествляли культуру с формами духовного и политического саморазвития общества и человека, причем натуралисты усматривали истоки данного феномена в «естественной природе Человека», а идеалисты видели его назначение в нравственном развитии личности. Позднее, в немецкой классической философии впервые была выработана антитеза «культуры» и «цивилизации» (термин, введенный в научный оборот французскими энциклопедистами). При этом понятие «культура» трактовалось как средоточие духовных, моральных и эстетических ценностей, противоположных утилитарно-внешним, сущностно вторичным достижениям «цивилизации». Движение философской мысли от Просвещения (французские энциклопедисты) к романтизму обусловило трансформацию категориального аппарата философских исследований. В итоге, во второй половине XIX века термин «цивилизация» стал означать деятельность, направленную на улучшение социального устройства, а понятие «культура» – усилия, сопряженные с внутренним усовершенствованием личности. В философии истории XVIII в. И.Г. Гердера сформировалась идея плавной эволюции культурного процесса, в котором не исчезают никакие духовные накопления. С другой стороны, Ф. Шлегель постулировал вывод, в соответствии с которым главное в культуре – процесс схождения в единый центр существующих культурных тенденций. В XX веке понятие культуры разрабатывалось в контексте социологии, антропологии и этнографии. Существенный вклад в формирование современного смысла этой категории сделали: О.Шпенглер (идея прерывности культуры), К.Ясперс (констатация наличия принципиально несоизмеримых культур), Х-Г. Гадамер (культура как загерметизированный механизм) и др. Сегодняшние исследователи понимают “культуру” как совокупность норм, ценностей и идеалов, выполняющих функцию ориентиров в современном обществе. Культура также есть множество способов и приемов человеческой деятельности (как материальной, так и духовной), объективированных, в том числе, и в предметных, материальных носителях (средствах труда, знаковых системах, проч.) Содержательной характеристикой данного понятия выступает его процессуальность (преемственность и дискретность), что, с одной стороны, позволяет выявлять происхождение норм и духовных стандартов, конституирующих культуру, а, с другой, – открывает возможность обнаруживать связи между антропологическим и собственно культурным, как живые и многомерные. [3]

Слово «культура» терминологически многозначно во всех языках. Рассмотрим наиболее распространённые подходы к определению, и, следовательно, пониманию культуры.

1. Описательный, в котором перечисляются отдельные элементы и проявления культуры – обычаи, виды деятельности, ценности, идеалы и т.д. При таком подходе культура определяется как совокупность достижений и институтов, отдаливших нашу жизнь от жизни звероподобных предков и служащих двум целям: защите человека от природы и упорядочиванию отношений человека друг с другом (З. Фрейд). Недостаток данного подхода – заведомо неполный перечень проявлений культуры.

1. **Ценностный**, или аксиологический (от греч. axios – ценный) подход складывается во второй половине X1X века и является одной из доминирующих в культурологии в XX столетии. Культура в рамках аксиологического подхода определяется как "высшая степень облагороженности, одухотворенности и очеловеченности природных и социальных условий жизни и человеческих отношений, освоенная живущими и переданная последующим поколениям". Ядром культуры признаются духовные ценности, а практическая их реализация в человеческой деятельности и отношениях и есть содержание культурного процесса. [1]

2. **Деятельностный подход**, в котором культура понимается как свойственный человеку способ удовлетворения потребностей, как особый род деятельности. Например, ***культура*** *– это наличие условий жизни, соответствующих потребностям просвещённого человека.* [1] Этот подход берёт своё начало у Б. Малиновского, к нему примыкает марксистская теория культуры.

3. **Функциональный подход**, в котором характеризуют культуру через функции, которые она выполняет в обществе: информационную, адаптивную, коммуникативную, регулятивную, нормативную, оценочную, интегративную, социализации и др. Недостаток этого подхода – в неразработанности теорий функций, отсутствии их непротиворечивой классификации.

4. **Герменевтический подход**, в котором к культуре относятся как к множеству текстов. Для них культура – совокупность текстов, точнее – механизм, создающий совокупность текстов (Ю.М. Лотман). Тексты – это плоть и кровь культуры. Они могут рассматриваться и как вместилище информации, которая должна быть извлечена, и как уникальное, порождённое своеобразием личности автора произведение, которое ценно само по себе. Недостаток этого подхода – в невозможности однозначного понимания текста. [2]

5. **Нормативный подход,** в соответствии с которым культура – это совокупность норм и правил, регламентирующих жизнь людей, программа образа жизни (В.Н. Сагатовский). Эти концепции развивают также Ю.М. Лотман и Б.А. Успенский, которые понимают под культурой наследственную память коллектива, выражающуюся в определённых системах запретов и предписаний. Действие культуры носит принудительный характер, что обеспечивается с помощью санкций, поощряющих соблюдение культурных норм и карающих их нарушение. [2]

6. **Духовный подход.** Приверженцы этого подхода определяют культуру как духовную жизнь общества или отдельного индивида, как поток идей и других продуктов духовного творчества. Духовное бытие общества или индивида и есть культура. ***Культура –*** *просвещённость, образованность, начитанность.* [1] Недостаток этого подхода – в сужении понимания культуры, ибо есть ещё и материальная культура.

7. **Диалогический подход**, в котором культура – «диалог культур» (В. Библер) – форма общения её субъектов (В. Библер, С. С. Аверинцев, Б. А. Успенский). Выделяются этнические и национальные культуры, создаваемые отдельными народами, нациями. Внутри национальных культур выделяются субкультуры. ***Субкультура*** *– это подсистема культуры, включающая в себя совокупность устойчивых специфических форм взаимодействия, присущих какой – либо социальной группе, слою*. Существует также **метакультура**, которая объединяет разные народы, например, христианская культура. Все эти культуры вступают друг с другом в диалог. Чем более развита национальная культура, тем более тяготеет она к диалогу с другими культурами, становясь от этих контактов богаче, ибо впитывает в себя их достижения, но при этом унифицируется и стандартизируется.

8. **Информационный подход.** В нём культура представлена как система создания, хранения, использования и передачи информации, это – система знаков, используемых обществом, в которой зашифрована социальная информация, т.е. вложенные людьми содержание, значение, смысл (Ю. М. Лотман). Здесь можно провести аналогию с компьютером, а, точнее, с его информационным обеспечением: машинным языком, памятью, программой переработки информации. В культуре тоже есть языки, социальная память и программы человеческого поведения. Следовательно, культура – это информационное обеспечение общества, его социальная информация, которая накапливается в обществе с помощью знаковых систем. [2]

9. **Символический** подход акцентирует внимание на употреблении символов в культуре.

Культура – это «символическая вселенная» (Ю. М. Лотман). Некоторые её элементы, приобретая особый этнический смысл, становятся символами народов: самовар, лапти, берёза – для русских, овсянка и пятичасовой чай – для англичан, спагетти – для итальянцев, ковбои, Микки-Маус и Голливуд – для американцев, пиво и колбаса – для немцев и т.д. [2]

10. **Типологический подход** (М. Мамардашвили, С. С. Аверинцев). Встречаясь с представителями другого народа, люди склонны воспринимать их поведение с позиций своей культуры. Например, европейцев, вступающих в контакт с японцами, поражает их улыбка, когда они говорят о смерти близких. Европейская культура рассматривает это как проявление бездушия и жестокости. С позиций же японской культуры – это изысканная вежливость, нежелание беспокоить собеседника своими проблемами. (Нас также интересует этот аспект межкультурного взаимодействия, однако со своей стороны мы считаем возможным рассматривать данную концепцию как часть диалогического подхода к определению культуры).

Во всех рассмотренных подходах есть «рациональное зерно», каждый из них указывает на те или иные существенные черты понятия культура. Важнейшее свойство культуры, которое делает практически невозможным выработку единого и непротиворечивого определения культуры, – это не просто её сложность и многоаспектность, но её антиномичность. ***Антиномия*** понимается автором *как единство двух противоположных, но одинаково хорошо обоснованных суждений о культуре*. Например, приобщение к культуре способствует социализации личности и в то же время создаёт предпосылки для её индивидуализации, т.е. способствует раскрытию и утверждению личностью своей уникальности. [3].

Стремясь учесть все грани предлагаемых подходов, В.А. Маслова предлагает определение культуры, которому мы будем следовать в дальнейшем в нашем исследовании. Считаем правомерным сделать вывод, что ***культура есть свод «правил игры» общественного существования, набор способов социальной практики, хранимых в социальной памяти общества, которые выработаны людьми для социально значимых практических и интеллектуальных действий.*** Культура – сложное, многогранное явление, которое имеет коммуникативно-деятельностную, ценностную и символическую природу. Она устанавливает место человека в системе общественного производства, распределения и потребления материальных ценностей. Она целостна, имеет индивидуальное своеобразие и общую идею и стиль. [3]. Считаем важным также добавить, что культура – это не статическая, а постоянно изменяющаяся в ходе исторического развития, а также в процессе непрерывных межкультурных контактов субстанция. Отличительной чертой развивающейся культуры является ***обмен***, который происходит между всеми составляющими взаимодействующих культур, а именно, *ценностями, нормами, языком, санкциями* и т.п.

При рассмотрении различных подходов к определению понятия «культура», становится очевидным, что центральным звеном всех культурных процессов является человек. Он выступает в роли созидателя, организатора и творца, с одной стороны, и объекта преобразований и многочисленных внутренних и внешних трансформаций, с другой. Поэтому следует уделять особое внимание человеческому фактору, анализировать межкультурные процессы с точки зрения межличностных и межгрупповых отношений, учитывая, что субъекты взаимодействия обладают различным национально-индивидуальным восприятием и проецированием картин мира, ментальностью, характером, мировоззрением и т.д., формирование которых было обусловлено различными географическими, историческими, социальными и другими факторами развития обществ, членами которых они являются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Академический словарь русского языка: В 4-х т. / РАН, Ин-т лингвистич. исследований. — 4-е изд., стер. — М.: Рус. яз.; Полиграфресурсы, 1999. - ISBN 5-87548-048-3

2. *Лотман, Ю. М.* История и типология русской культуры. – Санкт-Петербург: «Искусство – СПБ», 2002 . – 769 с. - ISBN: 5-210-01527-0

3. *Маслова, В.А.* Лингвокультурология. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 208 с. - ISBN 5-7695-0745-4.

Туранина Н. А., д-р филол. наук, проф.
Белгородский государственный институт искусств и культуры
Биль О. Н., канд. филол. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПЕРЦЕПТИВНЫЕ МОДУСЫ И ОБРАЗ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В ПОЭЗИИ НАЧАЛА XX ВЕКА

Turanina@mail.ru

Статья посвящена зрительному восприятию образа космоса в поэтических текстах авторов начала XX века: В. Брюсова, К. Бальмонта, М. Волошина, Н. Гумилева.

Ключевые слова: *языковой образ, перцепция, номинация, лексема, имплицитное наименование, чувственное восприятие.*

Перцепция представляет собой «отражение предметов и явлений реального мира во время воздействия на наши органы чувств, восприятие, представляющееся как отражение в человеческом сознании действующих в данное время на органы чувств предметов и явлений материального мира, включающего в себя понимание и осмысление их на основе предшествующего опыта» [1: 92].

Восприятие является одной из психических функций человека, которая выражается в сложном процессе приема и преобразования сенсорной информации, формирующей субъективный целостный образ объекта, который является результатом данного процесса и представляется субъективным видением реального мира.

Восприятие окружающего мира осуществляется посредством пяти органов чувств, к которым относятся зрение, слух, осязание, обоняние, вкус. И.Г. Рузин определяет названные сферы восприятия как «перцептивные модусы или модусы перцепции», более того в зрительном компоненте исследователь выделяет несколько субмодусов, таких, как восприятие света, цвета, формы и размера [2: 79].

Зрительное восприятие является основой процесса познания образов окружающей действительности. Б.М. Гаспаров отмечает, что «в формировании языкового образа зрительному представлению принадлежит решающая роль… Даже если ситуация, с которой мы имеем дело, по своему смыслу выдвигает на первый план звуковой или тактильный аспект предмета, мы воспринимаем их через посредство зрительного образа» [3: 265-266]. Не удивительным является тот факт, что зрительные космические образы, функционирующие в поэтических текстах XX века, в несколько раз превышают количество других составляющих процесса восприятия, поскольку представляют собой небесные тела (солнце, звезда, луна), а также явления (закат, полнолуние, дождь), которые легко воспринимаются органом зрения.

При анализе зрительных космических образов в поэтических текстах XX века определилось несколько позиций астрономических объектов: наличие / отсутствие объектов космического пространства; внешний вид объекта (форма, размер, цвето-световая характеристика); движение небесных тел; количество объектов космического пространства.

Восприятие внешнего вида является вторым этапом познания объектов окружающей действительности, который в поэтических текстах представлен такими позициями, как форма, размер, цвето-световая характеристика.

Контексты, указывающие на форму образов космического пространства, представляющую собой наружный вид, внешние очертания предмета, являются наиболее частотными в поэтических текстах XX века. Психологи отмечают, что восприятие формы включает оперирование более элементарными единицами, другие исследователи, сравнивая разные аспекты зрительного восприятия, подчеркивает расплывчатость и иногда неопределенность данной категории в отнесении того или иного слова к параметру формы [2: 82].

Анализ текстов, содержащих «форменные» показатели космических объектов, позволил выделить несколько видов формы образов космического пространства:

1) геометрическая форма;

2) негеометрическая форма (объективно существующая форма космических объектов, уподобляющаяся другому объекту реальной действительности).

Геометрическая форма в лирическом творчестве поэтов XX века может быть представлена несколькими способами: наименованиями геометрических фигур, отражающими объективный вид объектов, такими, как круг, шар (шарик).

Лексема круг чаще всего сочетается с наименованиями *солнце* (вариантом является сочетание солнечный круг), *луна* (вариантом является сочетание лунный круг), *Земля, вселенная, мироздание, небо* (в том числе с синонимами наименования небо): *чем я дальше плыл, тем больше там круг* ***Земли*** *(Бальмонт); а древняя луна скользила по кругу древней* ***синевы*** *(Брюсов); как странно! Круг* ***луны*** *(Брюсов*). Лексема шар (шарик) сочетается в поэтических текстах с наименованиями *луна* (вариантом является сочетание лунный шар), *Земля* (вариантом является сочетание земной шар), планета: *по всему* ***земному*** *шару бегут и ширятся круги (Брюсов); я тот, кто кинул шарики* ***планет*** *в огромную рулетку Зодиака (Волошин).* В поэзии К. Бальмонта и В. Брюсова форма может обозначаться не только именами существительными, но и именами прилагательными, образованными от лексемы круг: круглый, круговой, круговидный: *круговидные* ***светила*** *– без конца и без начала (Бальм., 1906);* ***месяц*** *круглый озарил круги полян (Брюсов).*

Помимо непосредственного обозначения формы геометрическими фигурами в поэтических текстах наблюдается опосредованное, имплицитное название указанных фигур. Речь идет об обозначении формы с помощью сочетания «полная луна», которое в толковых словарях определяется как «фаза луны, когда виден весь ее диск» [Кузнецов 1998: 904] и лексемы диск, представленной в словарях как «предмет, имеющий вид плоского круга» [4: 260, 1: 388]: ***лунный*** *диск, прорвавшись сквозь туман (Бальмонт); не так ли полная* ***луна*** *встает из темных чащ (Гумилев); одни сверкали нам вдали* ***созвездий*** *пламенные диски (Волошин).*

Негеометрическая форма в поэтических текстах XX века представлена двумя вариантами: формой космических объектов объективно существующей и уподобляющейся другому объекту реальной действительности. Объективно существующая геометрическая форма отражает зрительное, реальное, коллективное представление о космическом образе, что также может быть отмечено в современных толковых словарях русского языка. Анализ поэтических текстов XX века показал наличие двух основных обозначений формы, причем каждое обозначение имеет четкую закрепленность за определенным космическим объектом: лексема серп сочетается исключительно с наименованием *луна* (лунный серп, серп луны, серп месяца), определяясь в толковых словарях русского языка как «о луне в начальной или последней фазе, напоминающей сельскохозяйственное орудие» [4: 1179]: *серп* ***луны*** *молодой… ярко видится мне (Бальмонт); уже, мерцая,* ***месяц*** *стыл серпом (Брюсов*); лексема дуга, сочетающаяся только с наименованиями *небо* и *радуга*, определяется в толковых словарях как «часть окружности или какой-либо другой кривой линии в виде полукруга» [4: 287, 1: 431]: р***адуга*** *– мост, что в выси изогнулся дугой (Бальмонт); слежу без звезд по дугам* ***небосвода*** *(Брюсов).*

Помимо имен существительных, отражающих негеометрическую объективно существующую форму, в поэтических текстах используется имя прилагательное серповидный, т.е. «видом напоминающий серп» [4: 1179, 1: 590] и наречие серповидно, обозначающее ту же форму [1: 590]: *и вновь белеет* ***месяц*** *серповидно (Бальмонт); нам повстречать ли снова свет,* ***луной*** *дышать ли серповидной (Брюсов).*

Лексемы рог (-а), двурогий, круторогий отражают объективный зрительный вид астрономического объекта (луны / месяца), поэтому их также можно отнести к негеометрической объективно существующей форме космического объекта: *скоро двурогий* ***Месяц*** *засветит (Бальмонт); закатилась круторогая* ***луна*** *(Бальмонт); тучка тонкая привесится к золотому рогу* ***месяца*** *(Брюсов).* Представление месяца как «двурогого» имеет место в народных поверьях, не случайно в русских заговорах к месяцу обращались «месяц - серебряные рожки» [5: 102]. В славянской мифологии зооморфные образы ночного светила являются довольно распространенными, где месяц представлялся козлом, бараном, поэтому его называли «рогатым» [6: 18]. Уподобляющаяся другому объекту реальной действительности форма космических объектов основывается на сопоставлении космического образа с другим объектом и является индивидуально-авторским восприятием «форменных» показателей образов космического пространства. Как правило, лексемы, указывающие на данную форму космических образов, в поэтическом творчестве авторов XX века употребляются в метафорическом значении, космические наименования при этом представлены в прямом значении. В качестве такого объекта в поэтических произведениях указанных авторов могут выступать:

1) лексемы, обозначающие результат деятельности человека: узор (узорный, узорчатый), пейзаж, арка, пилястры, аркада, строение, плуг и др. (в поэзии В. Брюсова): *я помню легкие пилястры закатных* ***облаков*** *(Брюсов); станут иными узоры* ***Медведиц****, станет весь мир из машин и из воль… (Брюсов).*

2) лексемы, обозначающие название одежды / атрибуты одежды: пояс, платок, плащ, рукав и др. (в поэтических текстах В. Брюсова):

меркнет огненное золото, скрыто ***облачным*** *плащом (Брюсов);* ***молний*** *пояс истомил игрой в прятки (Брюсов).*

3) лексемы, обозначающие объекты живой природы, а также указывающие на принадлежность к живым существам: перья (перистый), цветы, виноград, гроздья, змея (змеевидный, змеиность)*: над зеркальной влагой Океана – грозди* ***солнц, созвездий*** *виноград (Волошин); змеевидный* ***Млечный Путь*** *(Бальмонт).*

4) лексемы, имеющие в значении сему 'нецелостный': клочки, кусочки, (полу)разорванный: *полуразорванные* ***тучи*** *плывут над жадною землей (Бальмонт); но теперь, словно белые кони от битвы, улетают клочки грозовых* ***облаков*** *(Гумилев).*

Сами по себе эти понятия не являются формой, но они представляют определенные дифференциальные признаки, определяющие форму.

Форменная характеристика образов космоса как составляющая зрительного восприятия космического пространства поэтами отражает закономерности чувственного восприятия, переданного в поэтическом слове. «Форменные» особенности образов космических объектов выступают как один из важных приемов создания первичного чувственного образа космического пространства в художественных текстах XX века, что способствует выявлению специфики поэтического мира художников слова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Ефремова, Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный / Т.Ф. Ефремова. – М.: Рус. яз., 2000.

2. Рузин, И.Г. Когнитивные стратегии именования: модусы перцепции (зрение, слух, обоняние, вкус) и их выражение в языке / И.Г. Рузин // Вопросы языкознания . – 1994. - № 6. – С. 79 – 100.

3. Гаспаров, Б.М. Язык, память, образ. Лингвистика языкового существования / Б.М. Гаспаров. – М.: Новое литературное обозрение, 1996. – 352 с.

4. Большой толковый словарь русского языка / Сост. и гл. ред.С.А. Кузнецов. – СПб.: «Норинт», 1998. – 1536 с.

5. Афанасьев, А.Н. Поэтические воззрения славян на природу. Том первый / А.Н. Афанасьев. – М.: Современный писатель, 1995. – 416 с.

6. Славянская мифология. Энциклопедический словарь. – М.: Эллис Локк, 1995. – 416 с.

Лашина Л. С., канд. ист. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Красников А. А., канд. ист. наук, доц.
Белгородский университет кооперации, экономики и права

ВКЛАД АКЦИОНЕРНЫХ ОБЩЕСТВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА В ПОРЕФОРМЕННЫЙ ПЕРИОД (1861-1917 гг.)

rect@intbel.ru

В статье анализируется работа Правления и Управления акционерных обществ, работающих по строительству железных дорог над проблемой развитие образования на территории Центрально-Черноземного региона в пореформенный период.

Ключевые слова: *учредители, акционерное общество, инспекция, Правление, Управление, заработная плата, медицинская помощь, технические железнодорожные училища.*

В современном обществе как никогда остро стоит проблема воспитания молодежи. Наибольшие проблемы вызывает в данной ситуации тот факт, что само общество испытывает проблемы с созданием современной «идеологии», создался так называемый идеологический вакуум. Кроме того, проблема состоит в том, что современная наука столкнулась с нехваткой, а иногда и отсутствием средств на ее развитие.

В данной ситуации нам следовало обратиться к опыту прошлых лет, когда отдельные учреждения или структуры, в целом далекие от обучения и воспитания вкладывали в него средства (и немалые), извлекая пользу для себя, и принося ее государству и обществу. В качестве примера предлагаю рассмотреть деятельность железнодорожного акционерного общества по строительству Московско-Киевско-Воронежской железной дороги.

Развитие железнодорожного транспорта с его специализированными условиями труда в конце XIX — начале XX века, вызывало большой спрос на квалифицированных рабочих и служащих со специальным или хотя бы общеобразовательным уровнем подготовки. Это вынудило Правление МКВ жд заботиться о подготовке квалифицированных кадров, открывать школы и железнодорожные технические училища.

К началу XX в. на железных дорогах России функционировало 158 общеобразовательных школ и 46 технических училищ с трехчетырех годичным сроком обучения.[1, с. 152]

Школы на дорогах были двух типов: одноклассные — с трехгодичным сроком обучения и двухклассные — с пятилетним сроком обучения. [2] Обучение было платным, но дети бедных железнодорожников от оплаты освобождались. Первые три школы на МКВ жд открылись в 1896 году. К 1 января 1907 года на МКВ жд было 9 школ с общим числом учащихся — 1980 человек.

Этих школ для обучения детей железнодорожников было недостаточно, т.к. по переписи на 1 мая 1907 года на Московско-Киевско-Воронежской железной дороге детей школьного возраста от 7 до 14 лет было 10.404 человека. Школы же могли охватить только 1980 человек. [3, с. 27]

Организация образования Акционерным обществом МКВ жд не ограничивалось начальной школой. Им организовывались так же и технические железнодорожные училища, которые готовили технические кадры и высококвалифицированных рабочих для мастерских служб движения. В такие училища могли поступить лица, окончившие городское уездное училище, либо двухклассную школу.

Акционерное общество в процессе деятельности столкнулось с необходимостью создания Попечительского Совета для открытия железнодорожных училищ и технических железнодорожных училищ, а позднее при училищах и железнодорожных мастерских за счет акционерного общества стали открывать и библиотеки. [4] Данный опыт был не новым. Многие государственные организации занимались регулированием труда и обучения детей рабочих. Но для акционерных обществ эта деятельность была совершенно самостоятельной и не зависимой от государственной казны. [22]

Попечительский Совет регулярно проводил заседания на которых рассматривались насущные вопросы обучения: о переменах в личном составе учительского персонала в училищах, о увеличении и уменьшении содержания на тех или иных учителей и по каким причинам, о суммах специального назначения, о смете расходов по содержанию училищ на 1 год, об условиях определения детей служащих и их род-

ственников в железнодорожные училища и о нормах платы за право учения. [5]

Всего Попечительским Советом при Московско-Киевско-Воронежской железной дороге было открыто восемь железнодорожных училищ: Полтавское, Киевское, Нежинское, Конотопское (мужское и женское), Кореневское, Курское, Брянское, а так же несколько школ для детей железнодорожных служащих для получения начального двухклассного образования. [6]

Так, например, было открыто Конотопское техническое железнодорожное училище, в которое принимали детей служащих железной дороги по окончании любого двухклассного железнодорожного училища, находящегося на станциях Полтава-Сорт, Киев II, Нежин, Конотоп, Ворожба, Коренево, Курск II, Брянск. Причем этих детей зачисляли из одного училища в другое по результатам выдержанных выпускных экзаменов, считая, что нужно всячески поощрять детей служащих к профессиональному образованию.[7] Конечно, в железнодорожное техническое училище могли поступать не только дети служащих, но если это были все таки они, то с них иногда взималась меньшая плата за обучение, нежели с обычных людей, а в большинстве случаев вообще снималась.[8]

Если уточнить этот аспект, то можно сказать, что «дети мастеровых и рабочих, получающих содержание в год 300 рублей и менее» обучались бесплатно. [9] Как и сироты служащих МКВ жд, и сироты – родственники служащих, а так же сестры и братья, находящиеся на полном иждивении последних, «обучающиеся на тех же правах, как и собственные дети служащих». [10] Посторонние лица за обучение платили за каждое дитя 15 рублей в год. [10]

Кроме того, студенты училища, которые были детьми служащих дороги, на время обучения получали возможность проживания в общежитии при училище. Плата за содержание живущего в общежитии назначается в размере 15% с получаемого служащим месячного содержания, но не выше 6 руб. в месяц, «которая будет удерживаться ежемесячно по спискам на жалование, для чего господа председатели училищных комиссий ежемесячно заблаговременно препровождают в Управление списки живущих в общежитии с указанием имени и фамилии родителей, а так же службы, должности и месячного оклада». [11]

В училища нанимались учителя, которым назначался оклад в 35-40 рублей в месяц (заведующий училищем получал 50 рублей в месяц, при 12 рублей квартирных), из которых правда отчислялось 10 рублей на квартиру, но квартирой они обеспечивались опять же от железной дороги.[12]

Кроме училищ и школ Попечительский совет при МКВ жд, открывал еще и библиотеки с читальней при главных мастерских «с целью доставления мастеровым и служащим в мастерских и членам их семей возможности пользоваться чтением книг, журналов и газет». [13] Так как основными фондами были суммы, ассигнованные Обществом МКВ жд, то библиотека являлась ее собственностью и за право пользования книгами и журналами библиотеки никакой платы не взималось. [14]

Таким образом, именно под влиянием железных дорог возникло, успешно прошла период становления и стала органической частью культурной жизни Центрального Черноземья, школа технического железнодорожного образования.

Как правительство, так и Общество должно было заботится о возможности работающих и служащих на дороге молиться.

У Общества были довольно хорошие отношения с местной Курской епархией. Исследования показали, что члены правления заботились как о строительстве церквей в близь лежащих от полотна дороги местах, так и о размещении икон в пассажирских зданиях железной дороги. Так, циркуляром управления железной дороги от 13 мая 1902 года были сделаны следующие указания относительно порядка размещения постановки и содержания святых икон на железнодорожных станциях:

1. Постановка святых икон большого размера в киотах на станциях железной дороги, как во внутренних помещениях, отведенных для публики, так и на пассажирских платформах, может быть размещена лишь по предварительному сношению с Епархиальным начальством, как относительно места постановки икон, так и порядка их содержания.

2. Находящиеся в настоящее время на станциях железных дорог в пассажирских и буфетных комнатах святые иконы большого размера в киотах, в тех случаях, когда по соглашению с местной духовной властью окружающая икону обстановка будет признана не вполне соответственной, должны быть… ограждены и закрыты…В тех же случаях, когда…настоящее место постановки… будет признано не соответственным, то выбор для них новых мест…должен быть исполнен порядком, указанным в пункте 1.

3. Вообще же распоряжения об иконах, как поставляемых на железнодорожных станциях, так и уже поставленных, делается не иначе, как по предварительном сношении с Епархиальным начальством. [15]

Кроме того, Управление МКВ жд имело непосредственные сношения с русской православной церковью на предмет строительства храмов вблизи от дороги, дабы «служащие станций и прилегающего к ней участка…не были лишены возможности удовлетворять потребности…посещать церковную службу» [16] при этом не нанося ущерб служебному долгу. В связи с этим стоит рассмотреть случай со станцией Киев 2, когда лицо, пожелавшее остаться неизвестным, пожертвовало на постройку храма близь железной дороги 10.000 рублей. При этом храме, так же на пожертвования было построено двухклассное училище для детей младших железнодорожных служащих. [17]

Но нельзя говорить только об отношениях с православной церковью. Среди служащих на МКВ жд были и католики. В связи с чем на станции Конотоп в пределах парка, т.е. на территории близлежащей от полотна дороги, на средства Управления, была построена католическая часовня. [18]

Ну и наконец, одной из составляющих сторон культурной жизни общества является образование. На эту сферу культуры железнодорожное строительство опять таки воздействовало. Общество МКВ жд участвовало в открытии нескольких школ и к началу XX века на железных дорогах России функционировало 158 общеобразовательных школ и 46 технических училищ с трех-четырех годичным сроком обучения. [1, с. 152]

Кроме того, Попечительским советом при МКВ жд было открыто восемь железнодорожных училищ: Полтавское, Киевское, Нежинское, Конотопское (мужское и женское), Кореневское, Курское, Брянское, а так же несколько школ для детей железнодорожных служащих для получения начального двухклассного образования. [19]

Кроме училищ и школ Попечительский совет при МКВ жд, открывал еще и библиотеки с читальней при главных мастерских «с целью доставления мастеровым и служащим в мастерских и членам их семей возможности пользоваться чтением книг, журналов и газет». [20] Так как основными фондами были суммы, ассигнованные Обществом Московско-Киевско-Воронежской железной дороги, то библиотека являлась ее собственностью и за право пользования книгами и журналами библиотеки никакой платы не взималось. [21]

Таким образом можно говорить о том, что произошло изменение в самом психологическом состоянии общества, его менталитете и все это за довольно короткий срок — 1860-70 х годах. Появились новые люди, новые запросы, новые модели поведения. Произошли изменения в образовании. Связано это с развитием рыночных отношений, превращением городов Центрального Черноземья в крупнейшие железнодорожные узлы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов О.Н. Строительство железных дорог в Центрально-Черноземном регионе и их влияние на социально-экономическое развитие региона во второй половине XIX – начале XX в. – М, 2006. – С. 152.

2. РГИА. – Ф. 238. – Оп. 2. – Д. 110. – Л. 5 об.

3. Марута И. 1905 год (очерки по истории революции и профсоюзного движения на МКВ жд). – Курск, 1925. – С. 27.

4. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 54. – Д. 6. – Л. 1.

5. См. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 41. – Д. 3. – ЛЛ. 113, 123, 130, 133, 136, 139, 142, 150, 158.

6. ГАКО.–Ф. 46. – Оп. 41. – Д. 3. – Л. 139.

7. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 54. – Д. 6. – Л. 2.

8. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 54. – Д. 6. – Л. 4.

9. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 37. – Д. 1. – Л. 256.

10. Там же, л. 256 об.

11. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 37. – Д. 7. – Л. 88.

12. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 54. – Д. 6. – Л. 2, об.

13. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 41. – Д. 3.–Л. 197.

14. Там же, л. 197, об.

15. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 36. – Д. 1. – Л. 218.

16. ГАКО. – Ф. 46.–Оп. 37. – Д. 7. – Л. 25.

17. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 37. – Д. 7. – Л. 26.

18. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 37. – Д. 7. – Л. 75.

19. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 41. – Д. 3. – Л. 139.

20. ГАКО. – Ф. 46. – Оп. 41. – Д. 3. – Л. 197.

21. Там же, л. 197, об.

22. Смоленская О.А. Законодательное регулирование труда и обучения детей занятых в фабрично-заводской промышленности России в 80-е гг. XIX в. Научные ведомости Белгородского государственного университете. Серия «История. Политология. Экономика» / отв. ред. В.А. Шаповалов. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – № 3 (34). – С. 66-72.

Гончаров Л. А. канд. политол. наук, доц.
Воронежский институт экономики и социального управления
Быхтин О. В. канд. соц. наук, доц.,
Надуткина И. Э. канд. соц. наук, проф.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛИТЕТАМИ В ПРИГРАНИЧНОМ РЕГИОНЕ*

goncharov.post@mail.ru

В статье рассматриваются модели управления муниципалитетами в приграничном регионе РФ, анализируются модели приграничного сотрудничества муниципальных образований приграничного региона. В исследовании делается попытка определения основных проблем и барьеров препятствующих эффективному сотрудничеству муниципальных образований в рамках приграничного и межмуниципального сотрудничества.

***Ключевые слова**: модели управления, муниципалитет, муниципальное управление, муниципальное образование, приграничный регион, приграничное сотрудничество.*

В настоящее время наиболее характерная черта приграничных территорий - относительно низкий уровень социально-экономического развития по сравнению с другими регионами Российской Федерации. Большинство приграничных регионов относятся к депрессивным или к экономически недостаточно освоенным. Важнейшей государственной проблемой остается отток населения с этих слабозаселенных территорий. «Приграничность» приобретает всё большее значение и выступает в качестве нового территориального социально-экономического фактора развития. Особенностью нынешней ситуации является то, что недостаточно четко определены полномочия органов местного самоуправления, при осуществлении ими широкого спектра приграничных связей. В условиях, когда международные контакты становятся обыденным делом для органов местного самоуправления РФ, ранее не имевших опыта международного сотрудничества, данный положение дел обращает на себя особое внимание. Тем более что в настоящее время уже действует целый ряд соглашений с участием российских и зарубежных органов государственной власти и органов местного самоуправления в области приграничного сотрудничества. Очень важно в сложившейся ситуации провести анализ системы управления муниципалитетами в приграничных регионах РФ.

Анализ сложившейся ситуации показал, что муниципальное управления России достаточно сложно привязать к какой-либо модели муниципального управления, что обусловлено наличием своеобразного исторического опыта местного самоуправления, отличного от западного. Действительно, развитие политической системы России практически всегда характеризовалось доминированием централизованного государства, сравнительно низким уровнем гражданского участия в решении публичных дел в сочетании с сильной коллективистской (общинной) традицией на локальном уровне.

Концептуальные основы реформы местного самоуправления были определены в Федеральном законе от 06.10.2003 г. №131-ФЗ, который предполагал развитие местного самоуправления по европейской модели. Прослеживается тяготение к «германской» модели, характеризующейся сильной государственной (прежде всего, центральной) властью и закреплением за ней возможности влиять на все основные процессы, происходящие в стране. Однако специфичность российской культуры местного самоуправления и, прежде всего, стереотипы мышления и деятельности, которыми руководствуются люди, участвуя в муниципальной практике, не позволила модели муниципального управления, прописанной в Федеральном законе № 131-ФЗ, реализоваться в том ракурсе, как предполагалось законодателем. Так, реальную российскую модель местного самоуправления определяют следующие особенности:

1) наличие в каждом субъекте федерации своей модели, формирование которой зависело от менталитета населения, муниципальных и региональных руководителей; сложившейся специфики властных отношений; экономических возможностей, географических особенностей, субъективного влияния главы региона и других факторов. В результате в отличие от прописанной Законом единой модели их стало много, причем далеко не каждая из них точно соответствует действующему законодательству.

2) ограниченность или условность муниципальной автономии. Функциональная необходимость, стереотипы деятельности, финансовая зависимость, совместное решение задач, выполнение переданных полномочий произошло. В большинстве регионов это привело к огосударствлению муниципальных районов и превращению районных администраций в территориальные органы администрации субъекта федерации.

3) недостаточное разграничение компетенции муниципалитетов друг с другом и с субъектом федерации, когда абсолютное большинство вопросов решается муниципалитетами под началом и совместно с вышестоящим уровнем публично-властной системы.

4) низкий уровень реальной свободы муниципальной власти в регулировании оказываемых ими публичных услуг.

5) ограниченность местной фискальной автономии, в результате чего основную часть средств муниципалитеты получают не в виде собственных доходов, а в качестве финансовой помощи вышестоящего уровня бюджетной системы, да еще и имеющей преимущественно целевое назначение.

6) чрезмерный реальный государственный контроль, механизмы которого вышли за рамки, установленные Федеральным законом №131-ФЗ [7].

Среди современных экономистов также встречается мнение, что становление местного самоуправления в России осуществляется на основе континентальной (французской модели), принципы которой определены в Европейской хартии местного самоуправления. Основанием для этого служит то, что одним из положений программы реформы власти, предложенной Президентом РФ в октябре 2004 года, стало образование Общественной палаты, осуществляющей гражданский контроль над работой государственного аппарата. В свете этого для некоторых исследователей вполне логично сравнение российской системы организации власти на местах с опытом французской системы самоуправления. Однако такая точка зрения является спорной. И не только потому, что данная система обнаруживает в себе ряд проблем, таких как: нечеткость в определении компетенции муниципальных образований, неопределенность их территориальной организации, удаленность муниципальной власти от основных проблем населения и пр. Причина состоит в том, что в России при исследовании характера отношений на уровне «государство-регионы» отмечается попытка построения новой политической системы, имеющей сильный децентрализационный компонент, означающий попытку в какой-то степени отойти от моноцентрической модели организации власти и построить систему местного самоуправления в духе англосаксонской модели, формируемой управление муниципальной организации снизу, в силу, прежде всего, гражданской инициативы населения. При этом отметим, что различия между моделями в настоящее время не носят принципиального характера.

Усиление федеральной власти не должно быть в ущерб местному самоуправлению. В противном случае возможно избыточное сосредоточение властных ресурсов у региональных администраций, которые подавляют экономические субъекты муниципального образования; перераспределение собственности, вывод имущества с муниципального уровня на региональный (через районы) с последующей приватизацией/передачей под контроль финансово-промышленным группам, иным участникам экономического процесса, непосредственно региональным политическим элитам; ограниченность социальной базы реформы местного самоуправления; торможение процессов становления «среднего класса», одной из ключевых характеристик которого является активная жизненная позиция [7]. Таким образом, что отмечалось исследователями неоднократно [3], происходит огосударствлевание системы местного самоуправления в России, препятствующее разделению властей [4]. Итак, точного ответа на вопрос выбора модели развития муниципального управления, наиболее приемлемой для России, нет. По мнению автора, следует согласиться с С.А. Левиным [6], что в России прослеживаются два этапа реформы муниципального управления, первый из которых характеризуется утверждением в России англосаксонской модели местного самоуправления, а второй (начиная с 2003 года) - попыткой внедрения в России смешанной модели местного самоуправления.

Обращают на себя внимания исследования Николая Межевича, директора центра Трансграничных исследований факультета международных отношений СПбГУ, который выделяет несколько моделей приграничного сотрудничества муниципальных образований. Первая представляет собой Модель активной контактности - в ее основе лежит признание позитивной роли границы. Администрация активно участвует в развитии контактных функций границы, стараясь повлиять на процесс оформления виз. И модель пассивной контактности - граница рассматривается как «обременение». Жители в деревнях ощущают себя особой общностью по отношению «к пришлым». Модель барьерности, где граница в этом случае воспринимается как передовой рубеж обороны. Модель «Безразличие» - граница воспринимается как нейтральное явле-

ние, не помогающее, но и не мешающее экономическому и социальному развитию муниципального образования. Тем не менее, приведенные четыре модели могут рассматриваться как базисные при исследовании экономических эффектов приграничного сотрудничества на уровне местного самоуправления.

В процессе анализа с участием авторов в 2011-2012 г.г. было проведено социологическое исследование, где изучались вопросы развития приграничных сельских поселений Белгородской области в контексте их многофункциональности. Особенность связана с влиянием границы на развитие приграничных муниципальных территорий и будет усиливаться в связи с инициативами России по развитию отношений с Украиной. В данном контексте наблюдаются два противостоящих дискурса. Один из них ориентирован на расширение «поля возможностей» сельских территорий в связи с перспективами многофункционального, выходящего за рамки аграрного направления развития. Второй – на угрозах и опасностях глобализации для слабого неконкурентоспособного российского аграрного бизнеса, что чревато усилением деструктивных процессов в сельской местности и закреплением за ней имиджа сырьевого придатка. Практическая значимость исследования заключается в том, что теоретические и методологические принципы, представленные в работе, ориентированы на использование в муниципальной политике социально-экономического развития. В исследовании приняли участие 25 экспертов, которые являются муниципальными служащими, а так же главами сельских округов.

В ответах на вопрос о проблемах которые наиболее характерны для приграничных сельских поселений в настоящее время, эксперты дали следующие ответы: - отсутствие четких стратегических целей, приоритетов в социально-экономическом развитии сельских территорий (26,67%); - низкий уровень развития системы управления сельскими поселениями (20%); - недостаточность экономической основы муниципальных образований для их устойчивого и комплексного социально-экономического развития (16,67%); - нехватка квалифицированных кадров для осуществления муниципального управления (10%); - демографические проблемы (6,67%).

Как видно из распределения ответов, наибольшую проблему представляет такая проблема, как отсутствие четких стратегических целей приоритетов в социально-экономическом развитии приграничных сельских территорий. Для анализа основ комплексного и устойчивого развития приграничных сельских территорий, экспертам было предложено выбрать наиболее эффективный уровень управления. Было получено следующее распределение ответов: большинство экспертов (40%) считают, что стратегия развития муниципального района наиболее максимально влияет на развитие сельских территорий, далее респондентами (28%) был выбран вариант ответа - программы развития сельских округов, стратегию развития региона выбрали 16% экспертов, а Концепцию устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации всего 4% опрошенных. Затруднились ответить 12% опрошенных. В тоже время стоит отметить, что только один сельский округ имеет программу социально-экономического развития.

При определении возможностей для развития системы управления приграничными сельскими поселениями района, были получены следующие варианты ответов, необходимо: - использование стратегического планирования устойчивого развития приграничных сельских поселений (23,08%); - использование механизмов стимулирования финансовой самостоятельности приграничных сельских поселений (17,95%); - координация управления приграничными сельскими поселениями (15,38%); - методическое обеспечение при разработке проектов сельских поселений (12,82%); - совершенствование системы взаимоотношений между органами государственной власти и органами местного самоуправления (10,26%); - построение тесных экономических связей между органами местного управления и коммерческими организациями (7,69%).

Таким образом, использование стратегического планирования для устойчивого развития сельских поселений, по мнению экспертов, является приоритетной возможностью для развития системы управления приграничными сельскими поселениями региона.

Наибольшие трудности вызывает разработка моделей (18,18%), разработка сценариев, прогнозов и методик – 15,91% соответственно. Косвенно это подтверждает наше предположение об отсутствии навыков по составлению стратегических планов развития приграничных сельских поселений.

Основная проблема приграничных территорий состоит в том, что они должны решать проблемы федерального уровня, но в центре их таковыми не числят и смело взваливают на «хрупкие» плечи регионов и местных органов власти [2].

Респонденты охарактеризовали состояние приграничного сотрудничества на уровне приграничных сельских поселений: - неформальное взаимодействие отдельных глав сельских округов 32%; - нерегулярные переговоры, неформальное партнерство между отдельными поселениями 32%; - созданы постоянные рабочие органы партнерства 4%; - в районе отмечено наличие совместной программы развития приграничных сельских поселений в муниципальном районе 4%. Необходимость развития приграничного сотрудничество между приграничными сельскими поселениям в регионе отмечают 80% респондентов.

Эксперты выделили следующие направления приграничного сотрудничества, которые необходимо развивать в первую очередь: экономические взаимодействия (31,25%); социальные взаимодействия (25%); взаимодействия по осуществлению и развитию различных форм безопасности (6,25%); территориальное развитие (15,63%).

Отметим, что в рамках данной статьи был определен круг вопросов, связанных с анализом возможных моделей управления муниципалитетами в приграничном регионе, однако ряд достаточно сложных проблем только обозначен и требует дальнейшего углубленного изучения, при этом представленный исследовательский материал, дает возможность прийти к следующим общим выводам:

1. Приграничное сотрудничество стало важной составляющей жизни местных сообществ муниципальных территориальных образований России, расположенных вблизи границы.

2. Интенсивность развития процессов приграничного сотрудничества неодинакова в различных субъектах РФ и даже в муниципальных образованиях, расположенных на территории одного региона. Такое положение дел является следствием высокой степени концентрации управления внешнеэкономической деятельностью в руках региональных органов власти (Республика Карелия и Ленинградская область) и существенных различий в уровне экономического развития самих муниципальных образований (Калининградская область и Республика Карелия; частично эта тенденция наблюдается в Ленинградской области).

3. Местное сообщество, включая руководителей и сотрудников муниципальных образований, фактически не обладает влиянием на политику таких ключевых федеральных ведомств в области приграничного сотрудничества, как МИД, Минрегионразвития, Федеральная таможенная служба, Федеральная пограничная служба. Решения принимаются, в лучшем случае, с учетом мнения региональных властей, тогда как все инфраструктурные проблемы ложатся на плечи местных администраций.

4. В системе приоритетов мотивации участия в приграничном сотрудничестве до сих пор преобладает коммуникативно-имиджевая составляющая. Проводится большое число встреч, семинаров, конференций с участием руководителей приграничных органов МСУ, обменных визитов учителей, деятелей культуры, школьников, студентов, фестивалей культуры и спортивных состязаний. Безусловно, такие мероприятия позволяют соседям лучше понимать друг друга, но эта форма приграничного сотрудничества может быть эффективной, в основном, на первых этапах развития приграничного сотрудничества.

5. Одним из наиболее значимых и неожиданных выводов нашего исследования является сравнительно малый объем экономических и инвестиционных проектов в сфере приграничного сотрудничества. Проблемная ситуация в местной экономике большинства российских органов МСУ и высокие риски сдерживают активность инвесторов сопредельных стран, прежде всего из числа предприятий среднего и малого бизнеса. Важной причиной сдерживания развития экономических проектов является неумение муниципальных чиновников и местных предпринимателей пользоваться инструментами бизнес-планирования (стратегическое планирование, SWOT-анализ, инвестиционное проектирование, подготовка инвестиционной документации, финансовый менеджмент). В развитии приграничного сотрудничества нарастают кризисные явления, ощущается недостаток новых идей и форм сотрудничества. Участники приграничного сотрудничества чувствуют дефицит информации.

6. Главным мотивом участия в партнерских проектах с российскими и зарубежными органами МСУ для администраций муниципальных образований является обмен опытом, изучение практики эффективного муниципального управления в России и сопредельных странах. Результатом межрегионального обмена опытом между муниципалитетами различных субъектов федерации может быть выравнивание масштабов и направлений приграничного сотрудничества, а также дальнейшее возрастание его роли в жизни местных сообществ.

**Статья подготовлена в рамках Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы». Проект «Управление развитием приграничных регионов в хронотопе постсоветского пространства». № 14.A18.21.0090 (рук. В.П. Бабинцев).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абубха, И.Л. Приграничное сотрудничество как фактор развития муниципальных образований / И.Л. Абубха //http://www.riocenter.ru/ru/programs/doc/3928 - Систем. требования: IBM PC, Internet Explorer.

2. Артоболевский С. Приграничные территории Российской Федерации: что может и хочет государство? http://www.rusrev.org/content/review/default.asp?shmode=8&ida=1358&ids=132 Систем. требования: IBM PC, Internet Explorer.

3. Матвеев, М.Н. Является ли местное самоуправление в России частью местного государственного управления? / М.Н. Матвеев // Вестник СамГУ,Самарский государственный университет. - 2005. - № 4 (38).- С. 12-19.

4. Мачульская , И.Г. Институционализация местного самоуправления в системе власти Российской Федерации: Дис. … канд. юрид. наук/ И.Г. Мачульская . - М.,2001.- 18с.

5. Межевич , Н. Модели приграничного сотрудничества в России: опыт исследования муниципальных образований Псковской области / Н. Межевич // http://www.riocenter.ru/ru/programs/doc/3928 Систем. требования: IBM PC, Internet Explorer.

6. Левин С.А. Местное самоуправление в федеративных государствах Европы: сравнительно-правовое исследование. Автореферат дисс. …. кандидата юридических наук: 12.00.02 - конституционное право; муниципальное право / С.А. Левин . - Москва, 2007. – 18 с.

7. Российское местное самоуправление: итоги муниципальной реформы 2003-2008 гг. Аналитический доклад Института современного развития // http://www.riocenter.ru/ru/programs/doc/3928 Систем. требования: IBM PC, Internet Explorer.

Жук Н. П., м.н.с.
Институт проблем региональной экономики РАН
Сапрыка В. А., канд. соц. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПРИГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО КАК МЕХАНИЗМ ИНТЕГРАЦИИ ПОСТСОВЕТСКОГО ПРОСТРАНСТВА*

nadya.zhuk@gmail.com

В статье проведены результаты социологических исследований, отражающих роль приграничного сотрудничества в интеграции постсоветского пространства. Выделено понятия межрегиональное взаимодействие, приграничное сотрудничество, интеграция постсоветского пространства. Предложены механизмы для развития приграничных регионов и обеспечению эффективной интеграции России и стран СНГ

Ключевые слова: *интеграция, приграничное сотрудничество, постсоветское пространство, межрегиональное взаимодействие.*

Фактор территориальности имеет одно из первостепенных значений в блоке исследований о регионах, а для исследований закономерностей и особенностей социально-экономического развития приграничных регионов и, в частности, приграничного сотрудничества. На наш взгляд именно фактор территориальности и является основополагающим.

«Если не выделить специфически «территориальное», то все исследования, например, региональной экономики, становятся лишь банальным изучением части национальной экономики в границах округа или области. Задача же действительно регионально ориентированного исследования состоит в том, чтобы доказательно установить, почему что-то происходит именно здесь (на этой территории) и каково его влияние на совокупность всего находящегося и протекающего на этой территории»[1].

Не вызывает сомнения, что специфика процессов приграничного сотрудничества также зависит от фактора территориальности. Практически 100% респондентов, участвующих в опросе[1], согласились с мнением, что развитие приграничных регионов постсоветского пространства имеет свои особенности по сравнению с приграничными регионами других типов (граница с ЕС, Китаем и т.д.). При этом среди отличительных черт респондентами преимущественно выделялись: сильная роль «трансграничной истории», интенсивные миграционные процессы, большая внешняя открытость и т.д. Как мы видим, именно особенности социального взаимодействия формируют специфику процессов приграничного сотрудничества на постсоветском пространстве. Следует отметить, что, несмотря на то, что основным предметом анализа при рассмотрении межрегиональных взаимодействий зачастую являются экономические связи, роль социальных взаимодействия субъектов заслуживает не меньшего внимания.

Таким образом, категория «межрегиональное взаимодействие» переходит в междисциплинарную плоскость. В теории социологии категория «взаимодействие» рассматривается как «категория, отражающая процессы взаимодействия субъектов друг на друга, их взаимную определенность и порождение одним объектом другого. Это универсальная форма движения, развития, которая определяет сущность существования и структурную организацию любой материальной и социальной среды»[2]. При этом «социальное взаимодействие» трактуется как «система взаимообусловленных индивидуальных действий, связанных циклической причинной зависимостью, при которой поведение каждого из участников может выступать одновременно и стимулом, и реакцией на поведение остальных»[2]. Оба определения представляются актуальными с точки зрения анализа понятия «межрегиональное взаимодействие».

Действительно, в сущности, понятие «межрегиональное взаимодействие» логически следует из признания невозможности существования отдельно взятой территории. Современный регион представляет собой открытую систему, включенную в комплекс многоуровневых взаимодействий, включая особый вид трансграничных межрегиональных взаимодействий – приграничное сотрудничество.

При этом приграничный регион рассматривается как сложный социально-экономический комплекс, характеризующийся общностью насыщающих элементов триады «природа – население – хозяйство», ограниченный территорией административно-территориального субъекта, часть границ которого совпадает с госу-

[1] Проект «Управление развитием приграничных регионов в хронотопе постсоветского пространства» Экспертный опрос специалистов СЗФО РФ проведен в августе 2012г. (N=36).

дарственной границей, и включающий соответствующую управляющую структуру (органы власти)[3]. Данная теоретическая интерпретация предопределяет методологический подход к определению сущности категории «приграничное сотрудничество».

Область изучения приграничного сотрудничества включает в себя пространственное, социально-экономическое и социально-культурное развитие граничащих регионов. Это требует разработки специальных управленческих методологий, способных решать комплексные задачи и достигать максимальной эффективности развития приграничных территорий. Практика развития и эволюции межрегиональных взаимодействий приграничных регионов после падения «железного занавеса» развивалась так быстро, что научная общественность существенно запаздывала (и запаздывает) с теоретическим осмыслением протекающих процессов, разработкой терминологии и т.д. Даже в настоящий момент четкого понимания и разграничения понятий межрегиональное взаимодействие, приграничное сотрудничество, трансграничное сотрудничества среди российской научной общественности не достигнуто. Калька европейских подходов, учитывая существенную разницу европейского и российского регионализма, не может быть обоснована.

Фактором, определяющим специфику межрегиональных взаимодействий приграничного региона, является наличие государственной границы. В данном случае граница определяет не только границы государств, но и границы однородности экономического и социального пространств. На границе двух государств происходит соприкосновение двух систем, обладающих различными свойствами и характеристиками, граница же является буфером, выполняя свою барьерную функцию при экспансии свойств одной системы в другую. Граница выполняет также фильтрующую функцию, допуская в пределы системы, лишь те элементы другой системы, которые несут в себе экономический интерес. В то же время каждая система в свою очередь также выступает с инициативами контакта для привлечения или экспансии элементов системы с целью повысить эффективность работы системы в целом[4].

Межрегиональные взаимодействия приграничных регионов не всегда можно определить по фактору географической границы - «все еще актуальна проблема реальных и формальных границ, только вот формальными оказываются привычные административно-политические границы, а все более реальными становятся какие-то иные: подвижные, дискретные, наплывающие друг на друга… сейчас границы реальные и границы формальные расходятся все дальше, они, если так можно выразиться, “расслаиваются”»[5].

Приграничное сотрудничество как особый вид межрегиональных взаимодействий обладает специфическими характеристиками:

- существенное влияние территориального фактора (фактор границы);
- высокая степень значимости политической составляющей межрегиональных взаимодействий и макро-интеграционных процессов;
- двойственность процессов приграничного сотрудничества: усиление приграничных взаимодействий может привести к ослаблению внутренних межрегиональных связей и целостности внутреннего социально-экономического пространства.
- кумулятивный эффект приграничного сотрудничества, достигаемый за счет постепенного накопления эффектов межрегионального взаимодействия, и последующего качественного изменения форм и структуры взаимодействия.
- наличие механизмов, выходящих за рамки национальной политики (международные программы приграничного сотрудничества) и реализуемых в партнерстве с сопредельными странами.

При развитии приграничного сотрудничества происходит усиление институционального взаимодействия, что неизбежно ведет к повышению общего уровня доверия, росту взаимных контактов, числа организаций развития, специализирующихся на стимулировании межрегиональных взаимодействия, появлению совместных общественных организаций и т.д. Эти процессы в целом повышают взаимную инвестиционную привлекательность сопредельных регионов, различие в уровнях развития отдельных отраслей, различная структура потребительского рынка, создает предпосылки для формирования экономического интереса к осуществлению приграничного сотрудничества. В сложившихся условиях развитие институционального взаимодействия снижает трансакциозные издержки компаний при выходе на рынок сопредельного региона (уровень доверия, поиск партнеров, сложившаяся практика договорных отношений, юридическое оформление, переводы и т.д.).

Объективные потребности стимулирования регионального развития приграничных регионов в условиях ограниченных ресурсов и наличия задач по сохранению целостности социально-экономического пространства России, актуализируют вопрос формирования региональной политики в области приграничного сотрудничества, целью которой является обеспечение эффективного использования ресурса приграничного сотрудничества в целях социально-экономического развития региона.

В этой связи справедливым представляется утверждение о том, что функцией управления ресурсом приграничного сотрудничества должно стать формировании таких условий для осуществления данного вида межрегионального взаимодействия, при которых экономические, социальные и институциональные импульсы, поступающие из сопредельного региона, используются как дополнительный ресурс для решения задач регионального развития.

Переход от эпизодических и разрозненных межрегиональных взаимодействий к осознанному формированию интеграционных процессов, может позволить регионам в полной мере использовать возможности расширения экономических и социальных связей, внедрения примеров более продвинутого опыта в различных сферах экономики и социальной сферы, усилить свои возможности по решению совместных проблем, например в сфере экологии и регулирования миграции, стимулировать рост качества человеческих ресурсов и т.д.

Существенное повышение контактной функции границы, усиление ее транспарентности привели к изменению среды функционирования экономики. Межрегиональные взаимодействия сопредельных регионов перестают быть эпизодической деятельностью, а превращаются в регулярно активную сферу социально-экономического развития приграничного региона, которая нуждается в координации и управлении.

Таким образом, региональные власти приграничных регионов находятся в условиях необходимости разработки взвешенного содержательного подхода к формированию региональной социально-экономической политики в области трансграничных межрегиональных взаимодействий. Данная политика позволяет с одной стороны обеспечить использование преимуществ приграничного положения с целью повышения уровня социально-экономического развития региона, с другой стороны предусмотреть меры по минимизации рисков экономической и социальной дезинтеграции региона в рамках национального экономического и социального пространства.

Основная цель региональной политики состоит в создании условий для реализации потенциала социально-экономического развития регионов с учетом территориальной специфики. «Эпитет « региональная » означает, что эта политика исходит из факта (или признает факт) региональной дискретности пространства, неравнозначности регионов по факторам развития и целям, вследствие чего сама политика становится дифференцированной»[6] .

Объектом региональной политики в области приграничного сотрудничества выступает совокупность межрегиональных взаимодействий региона с сопредельным регионом другой страны. Субъектами региональной политики в области приграничного сотрудничества выступают органы государственной власти федерального и регионального уровней и органы местного самоуправления муниципального уровня.

С точки зрения эффективной разработки и реализации региональной политики в области приграничного сотрудничества важно представлять группы стейкхолдеров, имеющих в политике свои интересы.

Среди особенностей региональной политики в области приграничного сотрудничества следует выделить:

- значимость участия каждого из уровней управления в обеспечении общего результата (федеральный, региональный, муниципальный), необходимость гармонизации интересов;
- наличие специфических механизмов реализации: международные и региональные программы приграничного сотрудничества, организация зон с особым режимом хозяйствования, еврорегионы и т.п.
- наличие специфических объектов управления: «двойные» города, обеспечение функций границы, организация взаимодействия в чрезвычайных ситуация, и т.д.

Для Российской Федерации развитие трансграничного межрегионального взаимодействия со странами СНГ имеет особую значимость (наличие необходимости по активизации интеграционных процессов РФ и стран СНГ подтвердили более 80% опрошенных респондентов). Многолетнее сотрудничество, испытавшее существенный кризис после распада СССР, имеет перспективы обрести новое дыхание и динамику, при условии выработки механизмов по развитию взаимовыгодных устойчивых межрегиональных связей, как основы для межрегиональной экономической интеграции регионов России и стран СНГ. Задача приграничного межрегионального сотрудничества состоит в развитии интегрированных структур, процедур и инструментов, которые обеспечат согласованные действия по решению общих проблем жизнеобеспечения населения по обе стороны границы[7].

Более 60% респондентов при оценке общего состояния интеграционных процессов в рамках сотрудничества приграничных регионов отметили, что при реализации интеграционных

проектов в области приграничного сотрудничества наблюдается узкая специализация и отсутствие системности.

Если же данным интеграционным процессам не будет придана системность, подкрепляемая последовательностью действий, то существует тенденция ослабления роли фактора «общей трансграничной истории», связующих социальных связей. Так, более 30% респондентов полагают, что отношение населения приграничных регионов постсоветского пространства к интеграции ухудшается с течением времени; более 40% респондентов отмечают ухудшение в зависимости от возраста населения («молодежь поддерживает интеграционные процессы менее, чем старшее поколение»); более 60% респондентов полагают, что ухудшение отношения к интеграционным процессам на постсоветском пространстве связано с развитием сотрудничества постсоветских стран со странами дальнего зарубежья.

В объективной реальности отношения населения к данным процессам, скорее всего, формируется в зависимости от ценностных установок, экономических и социальных стимулов. Так, если для старшего поколения, история СССР – это значительная часть истории жизни семьи, родственные связи, то для молодого поколения интерес представляют, прежде всего, возможности обучения, перспективы работы, туризм и т.д.

Большинство населения приграничных областей, в отличие от представителей региональных элит и ученых считают, что есть необходимость в сотрудничестве (90%)[2].

Для дальнейшего развития интеграционные процессы должны стать осознанным стратегическим приоритетом развития внешнеэкономических связей, как для РФ, так и для стран СНГ. Вопрос также заключается в поиске эффективных механизмов для реализации потенциала интеграционных процессов.

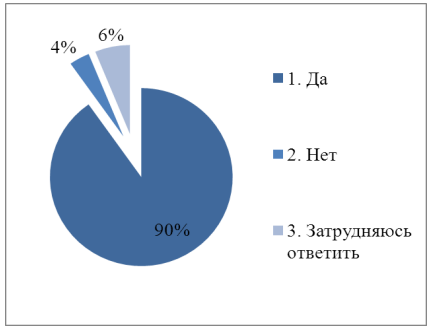


Рис. 1. Ответы респондентов на вопрос «Необходимо ли, на Ваш взгляд, улучшать сотрудничество приграничных регионов бывших советских государств?»

Механизм приграничного сотрудничества способен выступить катализатором этих интеграционных процессов. Сегодня уровень осознания необходимости и преимуществ развития межрегионального взаимодействия и эффективных форм приграничного сотрудничества позволяют говорить о наличии серьезных предпосылок для создания стратегий межрегионального взаимодействия стран постсоветского пространства, и реализующих их программ приграничного сотрудничества.

Более 95% опрошенных респондентов считают, что для усиления интеграционных процессов на постсоветском пространстве будет полезна инициация комплексной программы приграничного сотрудничества. Что касается уровня реализации подобной программы, то респондентами как наиболее эффективные были выделены муниципальный и региональный уровни. При этом среди основных участников интеграционных процессов опрошенные респонденты видят не властные структуры и политические партии (3% и 7% соответственно), а население (30%), бизнес-структуры (30%) и общественные организации (20%).

На современном этапе экономического развития России вопросы регулирования и развития межрегиональной интеграции в рамках СНГ можно отнести к приоритетным направлениям социально-экономического развития, как отдельных регионов, так и национальной экономики в целом. В рамках этого сотрудничества уже наметились четкие тенденции к развитию межрегиональной интеграции, формированию устойчивых кооперационных связей в различных отраслях экономики, гармонизации национальных законодательных, снятию торговых барьеров, однако многие из задач по развитию и обеспечению эффективной интеграции России и

[2] Исследование «Управление развитием приграничных регионов в хронотопе постсоветского пространства», еврорегион «Слобожанщина», N=500, 2012; при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы» ГК№ 14.A18.21.0090.

стран СНГ еще предстоит решить. Одним из возможных механизмов интенсификации интеграционных процессов способны выступить процессы приграничного сотрудничества, при условии системного подхода и разработки соответствующих целевых программ, а также активного вовлечения в их реализацию населения, бизнеса, общественных организаций.

**14.A18.21.0090. Статья подготовлена в рамках Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы». Проект «Управление развитием приграничных регионов в хронотопе постсоветского пространства». № 14.A18.21.0090 (рук. В.П. Бабинцев).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лексин В. Н. Системный подход к обоснованию направлений и конкретных мер государственной региональной политики. / В. Н. Лексин //Труды ИСА РАН -2008. - Т. 36 – С. 5-17.

2. Социологический энциклопедический словарь. - М.: Норма, 1998. - С 211.

3. Жук Н.П. Фактор приграничного сотрудничества в социально-экономической политике приграничных регионов СЗФО РФ / Жук Н.П. // Вестник ЛГУ имени А.С. Пушкина. - № 1(Том 6), - 2012.- С. 188.

4. Вардомский Л.Б. Государственные границы и региональное развитие: полит-географический аспект / Л.Б. Вардомский, И.И. Голицина, Е.Н. Самбурова // Политическая география: современное состояние и пути развития. - М., 1989. - С. 35-46.

5. Неклесса А. Новая картография мира / А. Неклесса // Экономические стратегии. - 2001. - С. 35.

6. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география. Понятийно-терминологический словарь. / Э.Б. Алаев // - М., 1983. - С. 190

7. Сапрыка А.В. Вопросы управления в транснациональных образованиях на постсоветском пространстве (еврорегиональный аспект) / А.В. Сапрыка, В.А. Сапрыка // Научные ведомости Белгородского государственного университета. - Серия Философия Социология Право. – 2008. – С. 197-202.

Орлова Е. Е., канд. юр. наук, доц.
Тамбовского государственного технического университета

ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ЗАНЯТОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

ElenaOrlowa@yandex.ru

В данной статье анализируется особенности дифференциации в правовом регулировании занятости населения, выделяются основания дифференциации, которые классифицируются на две большие группы. Рассматриваются особенности дифференциации международных норм в сфере занятости.

Ключевые слова: *занятость населения, дифференциация, ищущие работу, безработные, испытывающие трудности в поиске работы, работодатели, гарантии, содействие в поиске подходящей работы, органы службы занятости.*

Проблема единства и дифференциации начала активно исследоваться в советской науке трудового права с 1950-х гг. (в работах М.И. Бару, Б.К. Бегичева, С.С. Каринского, С.Л. Рабиновича-Захарина, И.О. Снигиревой и др.). Вместе с тем, в науке трудового права уделено не достаточно внимания вопросам единства и дифференциации в правовом регулировании занятости населения.

Как верно отмечал А.Е. Пашерстник, дифференциация законодательства служит средством реализации единых принципов правового регулирования, их конкретизации в разнообразных условиях [1]. На наш взгляд терминологический оборот «единство и дифференциация» можно без особых проблем заменить словосочетанием «общее и особенное» в правовом регулировании трудовых и связанных с ними отношений.

Общее характеризуется отсутствием каких-либо существенных различий в субъектах (сторонах), содержании их прав и обязанностей (правовом положении). При таких обстоятельствах устанавливаются единые правовые нормы, регулирующие отношения в сфере занятости населения. Они рассчитаны на всех лиц, ищущих работу, работодателей, органы, которые содействуют занятости населения.

Вместе с тем нормы в сфере занятости, регулируют отношения разнообразных категорий граждан, различающихся по профессиональным, физиологическим, социальным и другим признакам, что в некоторых случаях влечет объективную невозможность применения общих правил. Дифференциация в правовом регулировании занятости представляет собой установление законодательством о занятости населения различий, исключений, предпочтений, ограничений прав и, как правило, это обусловлено особой заботой государства о лицах, испытывающих трудности в поиске работы.

В случаях, когда эти различия не обусловлены этими причинами, то их стоит рассматривать как дискриминацию. Эти же различия являются и пределами дифференциации.

В «Словаре русского языка» С. И. Ожегова различие трактуется как разница, несходство между кем-то или чем-то, а особенность - как характерное, отличительное свойство кого-нибудь, чего-нибудь [2]. Следовательно, особенность — не любое (в том числе индивидуально - частное) различие, а такое различие, которое обладает устойчивыми признаками, характерными для данного явления, объекта, условий и. т. Д [3].

Таким образом, дифференциация правового регулирования занятости населения это установление особенностей в регулировании отношений в сфере занятости населения, которые обусловлены различными факторами объективного и субъективного характера.

Единство и дифференциация законодательства в сфере занятости населения способствует более качественному эффективному регулированию отношений в сфере занятости.

Основания дифференциации, можно классифицировать на две большие группы:

К первой группе можно отнести объективную дифференциацию, то есть не зависящую от личности лица ищущего работу. Например, к критерию объективной дифференциации в сфере занятости можно отнести гражданство. Отмечаемая в теории права вертикальная структура законодательства РФ позволяет выделить в ней единый централизованный уровень, который охватывает федеральное законодательство, и дифференцированный – состоящий из актов субъектов РФ и актов местного самоуправления и правовых актов органов службы занятости.

Ко второй группе оснований дифференциации, которую можно назвать субъектной дифференциацией, относится дифференциация по признаку возраста, состояния здоровья, семейных обязанностей и т. п.

1. Дифференциация по правовому статусу лица, обратившегося за содействием в поиске подходящей работы в органы службы занятости (ищущие работу, безработные, лица, испытывающие трудности в поиске работы). В свою очередь среди отношений в сфере занятости с участием лиц, испытывающих трудности в поиске работы можно выделить еще четыре вида дифференциации (разнообразия):

- дифференциация по определённым медико-биологическим и физиологическим особенностям граждан (инвалиды, несовершеннолетние, лица предпенсионного возраста);

- дифференциация по неблагоприятным условиям прежней деятельности (граждане, уволенные с военной службы и члены их семей; граждане, подвергшиеся воздействию радиации вследствие чернобыльской и других радиационных аварий и катастроф);

- дифференциация по наличию в семье лиц, которых безработный гражданин обязан содержать или за которыми осуществлять уход (одинокие и многодетные родители, воспитывающие несовершеннолетних детей, детей-инвалидов);

- дифференциация в связи с особым социальным статусом лица и вследствие этого необходимость обеспечения занятости граждан в целях профилактики преступности (лица, освобождённые из учреждений, исполняющих наказания);

2. Дифференциация по основаниям увольнения (лица, уволенные из организаций по собственному желанию; лица, уволенные из организаций по собственному желанию по уважительным причинам (абз.2 п.1 ст.29 Закона Российской Федерации от 19.04.1991 г. № 1032-1 «О занятости населения в Российской Федерации» [4]); уволенные в связи с ликвидацией организации, сокращением численности или штата работников; уволенные за нарушение трудовой дисциплины и другие виновные действия, уволенные от работодателей - физических лиц и т.д.).

3. Дифференциация по наличию определенного стажа в течение года перед обращением в органы службы занятости (имеющие 26 недель оплачиваемой работы на условиях полного рабочего дня (полной рабочей недели) и на условиях неполного рабочего дня (неполной рабочей недели) с пересчетом на 26 календарных недель с полным рабочим днем (полной рабочей неделей); не имеющие 26 недель оплачиваемой работы).

В качестве способов дифференциации правового регулирования занятости населения, выступает формулирование законодателем наряду с общими правилами специальных норм в сфере занятости населения. Деление норм на общие и специальные связано с необходимостью наиболее полной регламентации общественных отношений. Действительно, невозможно одним правилом урегулировать все многообразные социальные связи, не приняв во внимание при этом его субъектный состав, различные дифференцирующие факторы или жизненные ситуации.

Говоря о наличии общих и специальных норм в сфере занятости в странах СНГ, необходимо отметить также что существует и дифференциация международных норм в сфере занятости. Все нормы, принимаемые в рамках МОТ, можно разделить на общие, которые посвящены общим вопросам регулирования отношений в сфере занятости. Например, Конвенция № 122 «О политике в области занятости» (1964 г.)[5], Конвенция № 168 «О содействии занятости и защите от безработицы» (1988 г.)[6]. Некоторые документы этой организации содержат и специальные нормы. Например, Конвенция № 159 «О профессиональной реабилитации и занятости инвалидов»[7], Конвенция № 2 «Об организации службы занятости» (1919 г.)[8], Конвенция № 88 «Об организации службы занятости» (1948 г.)[9], Конвенция № 44 «О пособиях лицам являющимся безработными по независящим от них обстоятельствам» (1934 г.)[10], Конвенция № 181 «О частных агентствах занятости» (1997 г.)[11].

Такая дифференциация позволяет Международной организации труда обратить свое внимание на те или иные вопросы, требующие скорейшего разрешения, а также уделить внимание гражданам, особо нуждающимся в социальной поддержке.

Поскольку специальные нормы наряду с общими являются видами норм права, они удовлетворяют всем общим родовым признакам норм права (общая обязательность, неопределенный круг адресатов, признание со стороны государства и т.д.).

Специфика же специальных норм права состоит в том, что они детализируют, уточняют, дополняют или исключают действия общих правил.

Таким образом, специальные нормы, регулирующие отношения в сфере занятости – это общеобязательные правила поведения или иные предписания принятые или санкционированные государством, рассчитанные на неоднократное поведение и адресованные неопределенному кругу лиц, которые детализируют, уточняют, дополняют или исключают действия общих правовых предписаний по отношению к отдельным категориям лиц ищущих работу, безработных, испытывающих трудности в поиске работы, работодателей или с учетом иных факторов объективного или субъективного характера.

Рассмотрев понятие «специальных норм», регулирующих отношения в сфере занятости населения выделим их признаки:

1) их возникновение есть результат социально - экономически обусловленной специализации правового регулирования общественных отношений;

2) их производность от общих предписаний, их функционирование на основе и в тесной связи с общими нормами;

3) они всегда регулируют конкретные видовые отношения;

4) характерная особенность специальных норм проявляется в своеобразии критерия их вы-

деления, который не однозначен по своему составу.

Проведем классификацию специальных норм с учетом их особенностей:

- нормы дополнения (включая нормы гарантии). Это самый распространенный способ дифференциации правового регулирования занятости. Такие нормы устанавливают дополнительные гарантии в сфере занятости гражданам, испытывающим трудности в поиске работы, которые необходимы для того, чтобы уравнять стартовые возможности неконкурентоспособных граждан на рынке труда (например, в соответствии с п.1 ст.13 Закона Российской Федерации от 19.04.1991 г. № 1032-1 «О занятости населения в Российской Федерации» государство обеспечивает дополнительные гарантии гражданам, испытывающим трудности в поиске работы, путем разработки и реализации программ содействия занятости, создания дополнительных рабочих мест, установления квоты для приема на работу инвалидов, а также путем организации обучения по специальным программам и другими мерами).

- нормы изъятия, которые устанавливают исключения из общих правил (например, в соответствии с п. 1 ст. 4 Закона Российской Федерации от 19.04.1991 г. № 1032-1 «О занятости населения в Российской Федерации», подходящей считается такая работа, в том числе временного характера, которая способствует профессиональной пригодности работника, в том числе временного характера, с учетом уровня его профессиональной подготовки, условий последнего места работы, *за исключением* общественных работ). Дифференциацию отношений в сфере занятости отличают следующие основные характеристики:

1) субъектом дифференциации прав в сфере занятости выступает нормотворческий орган или социальные партнеры, имеющие право принимать коллективно-договорные акты;

2) основаниями дифференциации могут вступить объективные признаки, не зависящие от личности ищущего работу (например, федеративное устройство) или субъективные признаки обратившегося за содействием в поиске подходящей работы в органы службы занятости (по признаку возраста, состояния здоровья, семейных обязанностей и т. п.);

3) дифференциация осуществляется посредством принятия специальных норм, которые классифицируются на: нормы-изъятия и нормы-дополнения. Обычно специальная норма имеет приоритет перед общей;

4) дифференциация обеспечивает с помощью особенностей единство правового регулирования, фактическое равенство прав в сфере занятости;

5) дифференциация может носить как «положительный», так и «отрицательный» характер. Отрицательная дифференциация, влекущая за собой снижение уровня гарантий лиц, ищущих работу, ограничение прав в сфере занятости населения может устанавливаться исключительно федеральным законом только в той мере, в какой это необходимо в целях защиты основ конституционного строя, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конвенция МОТ от 1919 г. № 2 «Об организации службы занятости» // Конвенции и Рекомендации, принятые МОТ. 1919-1967 гг. Женева, 1968. С. 846.

2. Конвенция № 44 от 1934 г. «О пособиях лицам являющимся безработными по независящим от них обстоятельствам» // Конвенции и Рекомендации, принятые МОТ. 1919-1967 гг. Женева, 1968. С. 846.

3. Конвенция МОТ от 09.07.1948 г. № 88 «Об организации службы занятости» // Конвенции и Рекомендации, принятые МОТ. 1919-1967 гг. Женева, 1968. С. 846.

4. Конвенция МОТ от 09.07.1964 г. №122 «О политике в области занятости» // Конвенции и Рекомендации, принятые МОТ. 1919-1967 гг. Женева, 1968. С. 846.

5. Конвенция № 159 от 1983 г. «О профессиональной реабилитации и занятости инвалидов» // Конвенции и Рекомендации МОТ. 1957-1990 гг. Т. II. Женева, 1991. С. 846.

6. Конвенция МОТ от 1988 г. №168 «О содействии занятости и защите от безработицы» // Конвенции и Рекомендации МОТ. 1957-1990 гг. Т. II. Женева, 1991. С. 846.

7. Конвенция 1997 г. № 181 «О частных агентствах занятости» // Конвенции и Рекомендации МОТ. – 1991-1997 гг. Региональное бюро МОТ в Москве. М., 1997.

8. Закон Российской Федерации от 19.04.1991 г. № 1032-1 «О занятости населения в Российской Федерации» (с изм. и доп. от 18.10.2007 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации, 1995. № 52. С. 5110.

9. *Пашерстник А.Е.* Теоретические вопросы кодификации общесоюзного законодательства о труде. М., 1955. 155 с.

10. Словарь русского языка под ред. С.И. Ожегова. М., 1968. 362 с.

11. *Снигирева И.О.* Понятие особенностей и дифференциации. Единство в особенном при регулировании трудовых отношений // Материалы пятой Международной научно-практической конференции «проблемы дифференциации в правовом регулировании отношений в сфере труда и социального обеспечения» / под. ред. К.Н. Гусова. М.: Проспект, 2009. 119 с.

НАШИ АВТОРЫ

Лесовик Валерий Станиславович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.
Тел.:(4722) 55-82-01; e-mail: naukavs@mail.ru

Лукутцова Наталья Петровна
Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, пр. Ст. Димитрова, 3. Брянская государственная инженерно-технологическая академия, кафедра «Производство строительных конструкций».
Тел.: (4832)74-05-13; e-mail: natluk58@mail.ru

Нужный Сергей Николаевич
Адрес: Россия, 309516 Белгородская область, г. Старый Оскол, микрорайон Макаренко д. 42. Старооскольский технологический институт (филиал) НИТУ«МИСиС».
E-mail: serg.nuzhniy@yandex.ru

Леснов Виталий Викторович
Адрес: Россия, 430000, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Советская, д. 24. Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева.
E-mail: vvl377mgu@rambler.ru

Рахимбаев Игорь Шаркович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.
Тел.:(4722) 30-99-42.

Шумаков Игорь Валентинович
Адрес: Украина, 61002, г. Харьков-2, ул. Сумская, 40. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, кафедра технологии строительного производства
E-mail: shumakov.hisi@gmail.com

Логанина Валентина Ивановна
Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, кафедра «Стандартизация, сертификация и аудит качества».
Тел.: (8412) 92-94-78; e-mail: loganin@mai.ru

Клюев Сергей Васильевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова, кафедра сопротивления материалов и строительной механики.
E-mail: Klyuyev@yandex.ru

Строкова Валерия Валерьевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций, секция «НСМ».
Тел.: (4722) 55-87-85; e-mail: strokova@intbel.ru

Сулейманова Людмила Александровна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.
Тел.:(4722) 30-99-42; e-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

Пучка Олег Владимирович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра стандартизации и управления качеством.
E-mail: oleg8a@mail.ru

Михайленко Татьяна Георгиевна
Адрес: Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94. Юго-Западный государственный университет.
E-mail: mihailenko62@mail.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

Рубанов Василий Григорьевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
E-mail: Rubanov@intbel.ru

Овчинников Дмитрий Анатольевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра теплогазоснабжение и вентиляция .
E-mail: ovchinnikov_d_a@mail.ru

Варченко Иван Сергеевич
Адрес: Украина, 61003, Харьков, ул. Университетская, д. 16. Украинская инженерно-педагогическая академия, кафедра металлорежущего оборудования и транспортных систем.
E-mail: varchenko_ivan86@mail.ru

Белецкий Эдуард Владимирович
Адрес: Украина, 61045, Харьков, пер. Отакара Яроша, 8. Харьковский торгово-экономический институт Киевского национального торгово-экономического университета.
E-mail: bileckyj@meta.ua

Рудяк Юрий Аронович
Адрес: Украина, 46001, Тернополь, ул. Чехова, д. 3. Тернопольский государственный медицинский университет им. И.Я. Горбачевского, кафедра медицинской физики и медицинского оборудования
E-mail: v_stetsenko_v@mail.ru

Дуюн Татьяна Александровна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии машиностроения.
E-mail: tanduun@mail.ru

Магергут Валерий Залманович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
E-mail: bigsom@mail.ru

Карпачев Дмитрий Владимирович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
E-mail: dik@intbel.ru

Семикопенко Игорь Александрович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра механического оборудования.
Тел.:(4722) 30-99-39; e-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Лозовая Светлана Юрьевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра механического оборудования.
Тел.:(4722) 30-99-39; e-mail: lozwa@mail.ru

Шипицын Алексей Викентьевич
Адрес: Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116 а. Белгородский университет потребительской кооперации, кафедра финансов и кредита.
Тел.: (4722) 26-52-65; e-mail: Market_div@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

Новоятлев Михаил Александрович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра экономики и организации производства
E-mail: mnovoyatlev@ya.ru

Орлов Андрей Викторович
Адрес: Россия, 606026, г. Дзержинск Нижегородской обл., ул. Гайдара, 49. Дзержинский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева, кафедра «Экономика и управление».
E-mail: orlean2000@yandex.ru

Вострецов Александр Ильич
Адрес: Россия, 450074, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32. Башкирский государственный университет, кафедра «Национальная экономика».
E-mail: vostretsow@yandex.ru

Левченко Александр Сергеевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра экономики организации производства.
E-mail: aleksandr08.03.1988@rambler.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

Гринь Григорий Иванович
Адрес: Украина, 61002, г. Харьков, Фрунзе, 21. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».
E-mail: gryn@kpi.kharkov.ua

Забенькина Екатерина Олеговна
Адрес: Россия, 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38. Московский государственный машиностроительный университет, кафедра «Химия».
E-mail: ankrepta@gmail.com

Душкин Станислав Сергеевич
Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Сумская, 40. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, кафедра водоснабжения, канализации и гидравлики.
E-mail: D.akaSS@mail.ru

Черныш Елизавета Юрьевна
Адрес: Украина, 40007, г. Сумы, ул. Римского-Корсакова 2. Сумской государственный университет, кафедра прикладной экологии.
E-mail: liza_chernish@mail.ru

Кузнецов Валерий Алексеевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра энергетики теплотехнологии.
Тел.: (4722) 55-04-86, e-mail:kouzn@intbel.ru

Лёвкин Валерий Николаевич
Адрес: Украина**,** 69063**,** Запорожье, ул. Жуковского, 64. Запорожский национальный технический университет, кафедра программных средств.
E-mail: vliovkin@gmail.com

Синюк Василий Григорьевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.
E-mail: vgsinuk@mail.ru

Богданович Светлана Васильевна
Адрес: Россия, 050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко, 97. Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, кафедра «Организация движения транспорта»
E-mail: s.v.bogdanovich@mail.ru

Виноглядов Владимир Николаевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра физики.
E-mail: vinoglyadov@mail.ru

Боровской Алексей Евгеньевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра «Организация и безопасность движения».
E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com

Севрюгина Надежда Савельевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра «Сервис транспортных и технологических машин».
E-mail: sttm-bstu@intbel.ru

Платонов Алексей Александрович
Адрес: Россия, 394026, г. Воронеж ул. Урицкого д. 75 а. Московский государственный университет путей сообщения (МГУПС-МИИТ), Воронежский филиал (ВФ МИИТ), кафедра «Теоретическая и прикладная механика».
E-mail: paa75@yandex.ru

Корнев Валерий Трофимович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра физики.
E-mail: Korneev_valerij@mail.ru

Ильина Любовь Викторовна
Адрес: Россия, 380023, г Белгород, ул. Садовая, 116 а. Белгородский университет кооперации, экономики и права, кафедра естественнонаучных дисциплин.
E-mail: IlinaLV@live.bukep.ru

Курганская Людмила Михайловна
Адрес: Россия, 308033, Россия, г. Белгород, ул. Королева, 7. Белгородский государственный институт искусств и культуры, кафедра издательского дела и библиотековедения
E-mail: kurganskayal@yandex.ru

Дводненко Елена Витальевна
Адрес: Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116 а. Белгородский университет кооперации, экономики и права кафедра иностранных языков.
E-mail: dval78@yandex.ru

Туранина Неонила Альфредовна
Адрес: Россия, 308033, Россия, г. Белгород, ул. Королева, 7. Белгородский государственный институт искусств и культуры, кафедра издательского дела и библиотековедения
E-mail: Turanina@mail.ru

Лашина Лариса Сергеевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра социологии.
E-mail: rect@intbel.ru

Быхтин Олег Викторович
Адрес: Россия, 308000, г. Белгород, ул. Победы, 85. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
E-mail: Bykhtin @bsu.edu.ru

Сапрыка Виктор Александрович
Адрес: Россия, 308000, г. Белгород, ул. Победы, 85. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
E-mail: sapryka@bsu.edu.ru

Орлова Елена Евгеньевна
Адрес: Россия, 393000 г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112 Д. Тамбовский государственный технический университет, кафедры трудового и предпринимательского права
E-mail: ElenaOrlowa@yandex.ru

Научное издание

«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 2. 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 01.02.13. Подписано в печать 1.03.13 Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 29,75 Уч.-изд. л. 27,67
Тираж 1000 экз. Заказ 34. Цена договорная.
Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 204 Лк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова