

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, 2015 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

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

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

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Баженов Ю.М.;
академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Бондаренко В.М.;
д-р техн. наук, проф. Богданов В.С.; д-р техн. наук, проф. Борисов И.Н.;
д-р экон. наук, проф. Глаголев С.Н.; д-р техн. наук, проф. Гридчин А.М.;
д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.; дир. Кендрик Уайт;
член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.;
д-р техн. наук, проф. Мещерин В.С.; д-р техн. наук, проф. Павленко В.И.;
д-р техн. наук, проф. Патрик Э. И.; д-р техн. наук, проф. Пивинский Ю.Е.;
д-р техн. наук, проф. Рубанов В.Г.; Ph. D., доц. Соболев К.Г.;
д-р техн. наук, проф. Строкова В.В., н. с. Фишер Ханс-Бертрам;
д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.; 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, 2015

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Гридчин А.М., Золотых С.Н. ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ПОДРЕЛЬСОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛИНИЙ	7
Перькова М.В., Родяшина К.Е. РЕГИОНАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВЕЛИКОБРИТАНИИ КОНЦА XX – НАЧАЛА XIX ВЕКА	11
Минко В.А., Феоктистов А.Ю., Гунько И.В., Елистратова Ю.В., Тарасенко Н.В., Ткач Л.В. КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С НАКИПЕОБРАЗОВАНИЕМ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ	16
Селицкая Н. В., Духовный Г.С., Ядыкина В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬСИОННОЙ МАСТИКИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО	20
Нелюбова В.В., Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Подгорный И.И., Пальшина Ю.В. ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНЕЗИСА СЫРЬЯ	25
Мамедов А. Дж. О МЕТОДЕ РАСЧЕТА АБСОЛЮТНО - ЖЕСТКИХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК С УЧЕТОМ ЛОБОВОГО И БОКОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ГРУНТА	29
Ганджунцев М.И., Кондратенко В.Е. МЕТОДИКА И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЛЕСОВ ОПАЛУБКИ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ	33
Зинькова В.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ	37
Сулейманова Л.А., Кара К.А., Малюкова М.В., Ядыкина В.В. НАНОМАСШТАБНАЯ СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ ПЛИТ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ	41
Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	45

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л., Михайличенко С.А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ С ИГЛОФРЕЗЕРНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	50
Смирнов Д.В., Семикопенко И.А., Воронов В.П. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ СРЕДЫ В КРИВОЛИНЕЙНОМ ПАТРУБКЕ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ	57
Лозовая С.Ю., Чемеричко Г.И., Стовпенко А.С., Нарижных В.Ю. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ПУЛЬПЫ В ДИСКОВЫХ ВАКУУМ ФИЛЬТРАХ	60
Богданов В.С., Фадин Ю.М., Шаптала В.В., Гавриленко А.В. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПСЕВДОООЖИЖЕННОГО СЛОЯ В ПНЕВМОКАМЕРНОМ НАСОСЕ	65
Ламнауэр Н.Ю. РАСЧЕТ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛИ	68
Шрубченко И.В., Богданов В.С., Мурыгина Л.В., Щетинин Н.А., Гончаренко М.С. ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАКРЫЛКА БАНДАЖА ПРИ ЕГО РЕКОНСТРУКЦИИ ВО ВВАРНОЙ ТИП	72

Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Трубаев П.А., Севостьянов М.В., Кошуков А.В.	
ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ЭКСТРУДИРОВАНИЮ И СУШКЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	78
Шарапов Р.Р., Прокопенко В.С., Шарапов Р.Р., Агарков А.М.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРАХ	84
Величко Д.В., Магергут В.З.	
ПОСТРОЕНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ И СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ПЕНОСТЕКЛЬНОЙ ШИХТЫ	90
Лозовая С.Ю., Лозовой Н.М.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ РАБОЧИХ КАМЕР ПОМОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ПАТРУБОК ВОЗВРАТА	95
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Смирнов Д.В.	
УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА ИЗ КАМЕРЫ ПОМОЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА	99
Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Тимофеев С.П.,	
ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ОПОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ АГРЕГАТА	101
Севостьянов М.В., Ильина Т.Н., Уваров В.А., Шинкарев Л.И.	
СПОСОБЫ КОМПАКТИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ	107
Дуюн Т.А., Бешевли О.Б.	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И ПОЛУЧАЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ БАББИТОВ	112
Уральский В.И., Дубинин Н.Н., Рубанов В.Г., Стативко С.А.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УРАВНОВЕШИВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПОМОЛЬНОГО АГРЕГАТА	117
Перельгин Д.Н., Севостьянов В.С., Бойчук И.П., Кузнецова И.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНОГО КОНТАКТА АБРАЗИВНЫХ ЧАСТИЦ С ФУТЕРОВКОЙ ВИХРЕ-АКУСТИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАТОРА	122
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ	
Северин Н.Н., Сапоненко И.Г.	
НОВЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	126
Филинских А.Д., Соснина О.А., Бойтяков А.А.	
ИЕРАРХИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	131
Зуев С.В.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА КЛАССИЧЕСКОМ КОМПЬЮТЕРЕ	135
Классен В.К.	
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЧНОЙ СИСТЕМОЙ СУХОГО СПОСОБА ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	139
Трубаев П.А.	
МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТОЙ НАСОСОВ И НАСОСНЫХ УСТАНОВОК	142
Рубанов В.Г., Кижук А.С., Гольцов Ю. А., Кариков Е.Б.	
РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АППРОКСИМАЦИИ ДРОБНОГО ИНТЕГРОДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ С ОЦЕНКОЙ ОШИБКИ	148
Тарасюк П.Н., Вашенко Д.А., Трубаев П. А., Радченко В.В.	
АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	152
Шаптала В.Г., Шаптала В.В., Гавриленко А.В.	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЦЕМЕНТНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ПНЕВМОКАМЕРНОМ НАСОСЕ	159

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А.**
УСТОЙЧИВОСТЬ ПИРИТА ПРИ ОБЖИГЕ КАРБОНАТНО-КРЕМНЕЗЕМистой СМЕСИ 162
- Земсков Ю.П., Афанасьев А.А., Пегина А.Н.**
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ САХАРА
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ГАЗИРОВАННЫХ НАПИТКОВ 165
- Ивлева И. А., Беседин П. В.**
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ МОНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН
В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ 168
- Минько Н.И., Лавров Р.В.**
СИЛИКАТНОЕ СТЕКЛО НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНОГО КОНЦЕНТРАТА
С УЛУЧШЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ 172

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Козелков О.А.**
МОДЕЛИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ И ВЫБОРА ВАРИАНТОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 177
- Щетинина Е.Д., Дубино Н.В., Дадалова М.В.**
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ КОММУНИКАЦИЙ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 181
- Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Алексанин А.В.**
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПО ОБЪЕКТАМ СТРОИТЕЛЬСТВА 185
- Гулей И.А., Целютина Т.В.**
ОТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДО СОВРЕМЕННЫХ ПРИНЦИПОВ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МАЛОМ БИЗНЕСЕ 188
- Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О., Оспищев П.И.**
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ КАК ФАКТОР УСПЕШНОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВУЗА 192

ТРАНСПОРТ. ЭНЕРГЕТИКА

- Кулешов М.И., Губарев А.В.**
МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЧАСТИ
КОНДЕНСАЦИОННОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА, НАПРАВЛЕННАЯ НА ПОВЫШЕНИЕ
ЕГО РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ 196
- Лянденбургский В.В., Нефёдов М.В., Коротков Д.В., Посыпкин Д.А.**
ПРОГРАММА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ
В БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЕ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ 199
- Вендин С.В., Щербинин И.А.**
К РАСЧЕТУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИМПУЛЬСА ПРИ СВЧ
ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕД 204

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

- Аверкова О.А., Крюков И.В., Толмачева Е.И.**
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЖЕКЦИИ ВОЗДУХА В КРУГЛОЙ ТРУБЕ
С БАЙПАСНОЙ КАМЕРОЙ 207
- Графкина М.В., Нюнин Б.Н., Свиридова Е.Ю., Теряева Е.П.**
МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ
В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ 212

СОЦИАЛЬНЫЕ, ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Степанова-Третьякова Н.С. РОЛЬ ТРАДИЦИЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ РИСУНКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ УМЕНИЙ У СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ	217
Киреев М.Н., Киреева Н.В., Бараниченко Н.В. ФОРМИРОВАНИЕ КРЕАТИВНЫХ КАЧЕСТВ СПЕЦИАЛИСТА КАК СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМОГО ФЕНОМЕНА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИЧНОСТИ	220
Шавырина И.В., Шукчус Л.В. ГЕНДЕРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК СТРАТАГЕМА ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	224
Ефремова Н.В., Гененко О.Н., Ефремова П.И. ПРИНЦИПЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЫ	229
Северин Н.Н., Ражников С.В. АКТУАЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА	235
Радоуцкий В.Ю., Васюткина Д.И. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ	239
Коренева Е.Н., Андреева С.М., Колтунова С.В. В ПОИСКАХ ОПТИМАЛЬНОГО СОЧЕТАНИЯ ФОРМ И МЕТОДОВ ПРЕПОДАВАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО	242
Тихонович Е.В., Тихонович Н.В. ОБУЧЕНИЕ ЗА РУБЕЖОМ КАК ОДНО ВАЖНЕЙШИХ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ	245
Шадаева Л.И. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ ТЕЗИСА	249
Колениченко В.В. ПРОФЕССИОНАЛЬНО-НРАВСТВЕННАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МВД	252
Чавыкина Ю.О. О ЗНАНИИ СОВЕТСКОЙ ЛЕКСИКИ СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЕЖЬЮ	255
Липич Т.И., Белозерских С.Н. ФЕНОМЕН СТАРОСТИ В ПРАВОСЛАВНОЙ ТРАДИЦИИ	259
ANNOTATED CONTENTS	264
НАШИ АВТОРЫ	277

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Гриджин А.М., д-р техн. наук, проф.,
Золотых С.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ПОДРЕЛЬСОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛИНИЙ

sveta-zolotykh@yandex.ru

Согласно стратегии инновационного развития ОАО «РЖД» до 2015 г. одним из главных направлений является развитие высокоскоростного движения. В связи с интенсивным развитием высокоскоростного железнодорожного транспорта в настоящее время в России остро стоит проблема повышения эксплуатационных характеристик подрельсовых конструкций, как элемента надежного функционирования современной транспортной системы. Чаще всего подрельсовыми конструкциями выступают шпалы (деревянные, железобетонные, металлические). Учитывая все плюсы и минусы различных видов шпал и климатические особенности страны - железобетонные шпалы самый популярный вид подрельсовых конструкций на территории России. Фактический срок службы железобетонных шпал составляет 15 -17 лет вместо 50 запроектированных. Деструкции в наибольшей мере подвержены те области конструкции, где четко прослеживается взаимное влияние арматуры и бетона. Многолетние наблюдения за состоянием таких конструкций показали, что разрушения вызывались процессами, возникающими внутри тела бетона.

Ключевые слова: бетон, высокоскоростное движение, подрельсовые конструкции, железобетонные шпалы, деревянные шпалы, металлические шпалы, разрушение шпал.

Стремление к быстрейшему преодолению расстояний – одна из естественных потребностей человека, поэтому борьба за скорость на железных дорогах ведется с момента их возникновения. Все более широкую популярность в мире получает принципиально новое направление в развитии традиционных железных дорог - высокоскоростной железнодорожный транспорт.[1]

Ряд государств Европы (Испания, Франция, Италия, Германия) и Азии (Япония и Китай) уже несколько десятилетий целенаправленно реализуют программы организации высоко-

скоростного пассажирского сообщения и сегодня достигли внушительных успехов (рис. 1).

Протяженность высокоскоростных линий в мире:

- в эксплуатации - 11509 км;
- в стадии строительства – 13349 км;
- запланировано строительство на период до 2025 года – 18457 км.

Всего к 2025 году в мире планируется построить 43315 км высокоскоростных линий. Крупнейшими странами по протяженности высокоскоростных линий в мире станут: Китай – 13126 км (30,3 %), Испания – 5520 км (12,7 %), Франция – 4787 км (11,1 %).

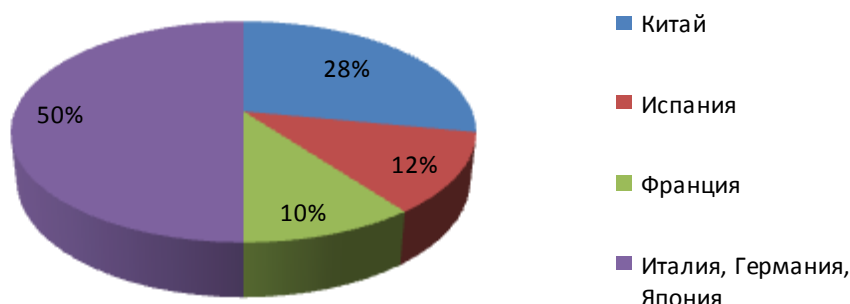


Рис. 1. Имеющиеся ВСМ в мире

Теперь к списку стран, обладающих высокоскоростным движением, уверенно можно причислить и Россию.

Согласно стратегии инновационного развития ОАО «РЖД», одним из стратегических направлений является развитие высокоскоростного движения, а задачами внедрение инноваци-

онных материалов, технических средств и технологий в области эксплуатации и ремонта инфраструктуры и подвижного состава, обеспечивающих снижение стоимости жизненного цикла и повышение надежности, создание эффективного управления ресурсами на основе формирования системы эксплуатационных показателей надежности и безопасности инфраструктуры и подвижного состава, методов их применения с учетом оценки рисков на всех этапах жизненного цикла, разработка и внедрение технологической платформы "Высокоскоростной интеллектуальный железнодорожный транспорт"[2].

Высокоскоростное сообщение – это комплекс взаимосвязанных компонентов, которые формируют единую систему:

- инфраструктура (новые линии, построенные для движения на скоростях свыше 250 км/ч и модернизированные линии, где скорость движения может составлять 200-220 км/ч, на некоторых из них эксплуатируются поезда с принудительным наклоном кузова в кривых);
- подвижной состав;
- условия эксплуатации.

Высокоскоростные поезда должны быть построены таким образом, чтобы обеспечивать безопасное бесперебойное движение:

- на скорости более 250 км/ч на специальных высокоскоростных линиях;
- на скорости до 250 км/ч на обычных линиях, специально модернизированных для высокоскоростного движения;
- на максимально возможной скорости на прочих линиях.

Основными задачами развития скоростного и высокоскоростного движения являются:

- создание нормативной базы для разработки и организации эксплуатации скоростного и высокоскоростного подвижного состава и инфраструктуры;
- создание технических средств и системы технического обслуживания для скоростного и высокоскоростного движения.

В связи с необходимостью интенсификации развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в настоящее время в России остро стоит проблема повышения эксплуатационных характеристик подрельсовых конструкций, как элемента надежного функционирования современной транспортной системы. Данные конструкции работают в сложных условиях эксплуатации, испытывая нагрузки от подвижного состава и воздействия окружающей среды, и должны сочетать в себе высокую прочность, морозостойкость, трещиностойкость, коррозионную стойкость.

Подрельсовые конструкции – часть верхнего строения пути, обеспечивающая стабильность ширины рельсовой колеи, подуклонки рельсовых нитей и их электрическую изоляцию друг от друга на участках с автоблокировкой. Подрельсовые опоры чаще всего устраивают в виде шпал и брусьев из дерева и железобетона. Шпалы – (нидерл. *spalk* — подпорка) опора для рельсов, укладываемая на балластный слой верхнего строения пути [3].

Различают шпалы железобетонные, стальные и деревянные. Последние довольно долгое время занимали лидирующие позиции. Это связано с тем, что шпалы из дерева имеют ряд неоспоримых достоинств: они упругие, обладают высокими диэлектрическими свойствами, не чувствительны к перепадам температур. Но при этом срок их службы относительно невелик, что связано со склонностью древесины к гниению в местах крепления рельсов. Проблему пытались решить путем пропитки древесины антисептиками, но эта мера давала временный результат.

Альтернативным вариантом, не подверженным гниению, стали шпалы железобетонные, представляющие собой железобетонные балки переменного сечения. Железобетонным шпалам присущ ряд преимуществ: увеличение межремонтных периодов благодаря долговечности материала (до 30–50 лет); повышенная (на 10–20% по сравнению с деревянными шпалами) устойчивость бесстыкового пути против выброса; стабильность ширины рельсовой колеи; однородная упругость по длине пути и плавность движения поездов (особенно важно для скоростных линий); сохранение лесных богатств страны. К недостаткам железобетонных шпал относятся: повышенная (в 2–3 раза) жесткость пути, которую приходится снижать с помощью резиновых прокладок-амортизаторов; электропроводность и необходимость применения недолговечных изолирующих деталей; хрупкость и чувствительность к ударам; низкая работоспособность в зоне рельсовых стыков (выход в 3–5 раз выше, чем в средней части рельсов); большая масса (265 кг), затрудняющая смену дефектных шпал и требующая мощного кранового оборудования для укладки звеньев [4].

В настоящее время в ряде стран накопилось большое количество пришедших в негодность железобетонных шпал, которые занимают огромные площади и создают экологически небезопасные зоны. Кроме того, железобетонные шпалы имеют высокую жесткость, которая вызывает сравнительно быстрый износ рельсов и бандажей колесных пар.

Третий вид шпал – стальные шпалы. Такие шпалы служат дольше железобетонных

и деревянных. Кроме того, после истечения срока службы металлических шпал они могут быть легко переработаны, сохраняя при этом, по оценкам специалистов, до 40% своей стоимости. Стальные шпалы не подвержены гниению, не растрескиваются, выдерживают высокие температуры, могут применяться в странах с влажным тропическим климатом, обеспечивая стабилизацию ширины колеи. При их использовании скорее разрушается балластный материал, чем существенно изнашиваются сами шпалы, не наблюдается и повреждений элементов упругих креплений. Интерес представляет и срок службы металлической шпалы, который превышает срок службы железобетонной в 4-5 раз.

В качестве недостатков металлических шпал необходимо отметить отсутствие электроизоляции рельсовых цепей, что создает определенные неудобства при работе автоматики[5].

Россия занимает первое место в мире по использованию железобетонных шпал в конструкции верхнего строения пути. Для высокоскоростного движения так же планируется использовать данную конструкцию. Рынок желе-

зобетонных шпал представляют около 35 компаний, таких как: ОАО «БЭТ» (Москва), ООО «ПромПуть» (Санкт-Петербург), ООО «ПермьСтройПуть-Групп» (Пермь), УРАЛМЕТ (Екатеринбург), ЗАО «Белшпала» (Белгород) и др [6].

Требования к железобетонным шпалам регламентируются ГОСТ Р 54747-2011 «Шпалы железобетонные для железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия»; ГОСТ Р 53231-2008 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности»; ГОСТ 13015-2003 «Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения»; ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия».

Срок службы железобетонных шпал составляет 40-50 лет, но по факту средний срок службы составляет 15-17 лет вследствие всевозможных разрушений и деформаций. Наиболее частые из них: разрушение торцов шпал, разрушение в месте крепления, трещины на поверхности шпал (рис. 2) [7].



Рис. 2. Дефекты и разрушения железобетонных шпал

Анализируя причины разрушения железобетонных шпал в пути, делаем вывод, что в большинстве случаев их выход из строя происходит из-за несоответствия свойств бетона условиям эксплуатации. Характер разрушения железобетонных шпал показывает, что деструкции в наибольшей мере подвержены те области конструкции, где четко прослеживается взаимное влияние арматуры и бетона. При этом, много-

летние наблюдения за состоянием таких конструкций показали, что разрушения вызывались процессами, возникающими внутри тела бетона [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галабурда, В.Г., Терешина Н. П. Экономическая стратегия развития железнодорожного

транспорта России // Экономика железных дорог. 2000. №8. С. 5-12.

2. Стратегия инновационного развития ОАО «РЖД» до 2015 года [Электронный ресурс]. URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&refererLayerId=5103&id=4038 (дата обращения: 23.10.2014)

3. Воробьев Э.В., А.М. Никонов, А.А. Сеньковский и др. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения. М.: Маршрут, 2005. 531с.

4. Ашпиз Е.С. Железнодорожный путь Учебник. М.: ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. 544 с.

5. Крейнис З. Л., Певзнер В. О. Железнодорожный путь. Учебник для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. - Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте : Транспортная книга, 2009. 430 с.

6. Спиридонов Э.С., Духовный Г.С., Логвиненко А.А., Хоружая Н.В. Научные подходы к оценке качества продукции строительства транспортных объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 113-116.

7. Золотых С.Н., Гридчин А.М., Селицкая Н.В. Оценка текущего содержания бесстыкового пути с упругими и жесткими скреплениями/ Zbiór raportów naukowych. „Informacja naukowa i techniczna w planowaniu oraz realizacji badań i wdrożeń projektów „. (29.09.2014 - 30.09.2014) - Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2014. Р. 48-51

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

Перькова М.В., канд. арх., проф.,
Родяшина К.Е., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕГИОНАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВЕЛИКОБРИТАНИИ КОНЦА XX – НАЧАЛА XIX ВЕКА*

perkova.margo@mail.ru

С начала 90-х гг. одной из важнейших проблем для британского правительства становится развитие регионов. В статье рассматриваются особенности административно-территориального деления и территориального планирования Англии, Уэльса, Северная Ирландия и Шотландии конца XX – начала XIX века. На примере реконструкция центра г. Бирмингем показано современное городское планирование и формирование пространственных стратегий. Мастерплан города определяет шесть ключевых областей развития: **Liveable city** (повышение уровня жизни), **Connected city** (городские коммуникации), **Authentic city** (аутентичные город), **Knowledge city** (город знаний), **Creative city** (творческий город), **Smart city** ("Умный город"). Таким образом, новая стратегия территориального развития нацелена на определение масштабов города в пространственном отношении с учетом экономического развития, улучшения городской среды и качества жизни.

Ключевые слова: территориальное планирование, развитие регионов, административно-территориальное деление, пространственная стратегия, мастерплан.

С начала 90-х гг. одной из важнейших проблем для британского правительства становится развитие регионов. После прихода лейбористов к власти были созданы региональные агентства развития, региональные палаты держателей акций, и было предложено усилить процесс регионального планирования. Одним из основных становится вопрос об экологизации планировочных структур. Система стратегического планирования (ССП) в Англии была разработана еще в 1986 г. Ее целью являлось участие в разработке планов развития крупнейших городов Англии на период до середины 90-х годов. По результатам функционирования SSP и в настоящее время признается эффективным стратегическим механизмом, обладает потенциалом для дальнейшего развития и широкой сферой применимости в городах Европы [3].

В Англии территориальное планирование осуществляется на национальном уровне. Только в Лондоне городское планирование осуществляется местными властями. С марта 2012 по всей стране внедряется национальная политика городского планирования. Законодательно Положение о национальной политике планирования (The National Planning Policy) консолиди-

ровало более двух десятков ранее принятых документов (таких как Положение о политике планирования -Planning Policy Statements (PPS) и Руководство по территориальному планированию -Planning Policy Guidance Notes (PPG), использовавшихся в Англии) [4]. В соответствии с NPPF Программа Регионального планирования территорий была разработана для каждого из девяти регионов Англии. Несмотря на то, что взаимосвязь между центральным государственным органом и местными властями существовала с 1960-х годов, законодательно это было оформлено лишь к 2010 г.

Административно-территориальное деление Англии имеет довольно сложную структуру. Вся территория страны разделена на 9 регионов и 48 церемониальных графств. Церемониальные графства делятся на территории с двухуровневой (графства и районы) и одноуровневой администрацией (унитарные образования). Наконец, на последнем уровне находятся общины (табл.1). Современная административная система сложилась в результате последовательных реформ, берущих своё начало с законодательных актов 1965 и 1974 годов [9].

Таблица 1

Административно-территориальное деление Англии

Схема административно-территориального деления Англии					
региональный уровень (regional level)	9 регионов				
наместнический уровень (географический)	48 церемониальных графств				
уровень графств (county level)	6 городов-графств (метропольных графств)	27 сельских графств (широв)	56 унитарных образований	Большой Лондон	
районный уровень (district level)	36 городских районов (баро)	201 район		32 района Лондона	Лондонский Сити
общинный уровень (parish level)	10473 общины (административных прихода) - часть территории				

В отличие от Англии, каждая из трех других стран ведет свою политику территориального планирования. Во многих странах есть тенденция к позиционированию схем территори-

ального планирования как региональных стратегий, выходящих за рамки планов землепользования [10].

Уэльс	Законодательство	Закон «О планировании и принудительном выкупе» (2004) развитие мастерпланов с учетом экономического потенциала территории
	Стратегия	"Люди, места, будущее" - Проект территориального планирования Уэльса, 2004
Северная Ирландия	Законодательство	Основные вопросы, касающиеся территориального планирования изложены в «Планировании» (Северная Ирландия) 1991 года.
	Стратегия	"Сделаем наше будущее" - Корректировка стратегии регионального развития региона (RDS) до 2025 (июнь 2008 года).
Шотландия	Законодательство	На основе «Положения о городском и региональном планировании» (Шотландия), 1997.
	Стратегия	"Национальная стратегия территориального планирования Шотландии" - долгосрочная стратегия пространственного развития Шотландии. Впервые была опубликована в 2004 году и претерпела изменения в 2008. Новый (3-ий) вариант стратегии опубликован летом 2014г. Местное правительство (унитарные власти) готовит план развития на местном уровне в качестве официального плана развития. Кроме того, проект рассчитан и на четыре основных региональных центра (Абердин, Данди, Эдинбург и Глазго).

Наиболее значимый этап регионального планирования в Англии начинается с 1920-х (первые шаги на пути к координированию национальной и местной градостроительной политики). На более поздних этапах (после Второй мировой войны) были разработаны планы Большого Лондона и Уэст-Мидлендс, в частности, подготовка к послевоенной реконструкции. Более существенные элементы регионального развития и экономического планирования стали устанавливаться в Англии с середины 1960-х годов.

В 1998 году в восьми регионах Англии были сформированы региональные собрания. Они были ответственны за реализацию политики планирования в рамках Региональной территориальной стратегии (RSS). К концу 2010 года этот исполнительный орган власти прекратил своё существование. На смену пришел Местный орган планирования (МПУ) - местный орган власти или совет, уполномоченный осуществлять уставные функции градостроительной деятельности для конкретной области Соединенного Королевства.

Период конца 1980 – начала XXI века характерен изменением целей планирования, принятием новой стратегии территориального развития, нацеленной на более широкое экономическое и политическое развитие, улучшение городской среды и качества жизни, а также определение масштабов города в пространственном отношении. В 1980–х гг. Великобритания одна

из первых стран вступила в постиндустриальное развитие. Стимулом для перехода к устойчивому развитию стали жесткие требования к качеству городской среды. Как известно, «застроенная территория приобретает черты и свойства городского ландшафта, который отличается от компонентной структуры тем, что включает в себя всего три элемента: застройку, мощение и озеленение. Подземная часть городской территории служит геологическим основанием для всех строений, одновременно представляя собой сложную сеть инженерных коммуникаций» [1]. Произошел пересмотр принципов формирования структур городов. Целью и основным принципом системы планирования становится достижение устойчивого развития, которое удовлетворяет потребности настоящего, не ставя под угрозу способность удовлетворения потребностей будущих поколений. Градостроительные разработки ведутся в масштабе урбанизированных образований – «унитарная единица» многоцентровых городов – «областей роста», формируемых по принципу «нового районирования». Принцип основан на выгодах административного объединения прилегающих городов, поселков, деревень и свободных территорий. Большинство «унитарных единиц» Англии образованы в период с 1995 до 1998 года, остальные в 2009 году. В первую очередь «унитарные единицы» формировались из убыточных городов и поселков на Севере и Западе Англии.

Одним из крупнейших проектов регионального планирования Великобритании, разработанным после принятия NPPF является M11 Corridor (Зона М 11) [5]. Зона M11- территория вдоль автомагистрали M11 в Великобритании, которая начинается в Восточном Лондоне и протекает через Эссекс в графстве Кембриджшир, названный британским правительством в качестве эпицентра для развития экономического и национального потенциала. Лондонский

аэропорт Станстед также находится в этой зоне и является одной из главных причин инвестиционной привлекательности района (рис. 1). Главным направлением градостроительного развития территории является домостроение и развитие инфраструктуры. По примеру проекта Зона M11 запущен новый проект Thames- шлюз, призванный улучшить жилищные условия жителей юго-востока страны.

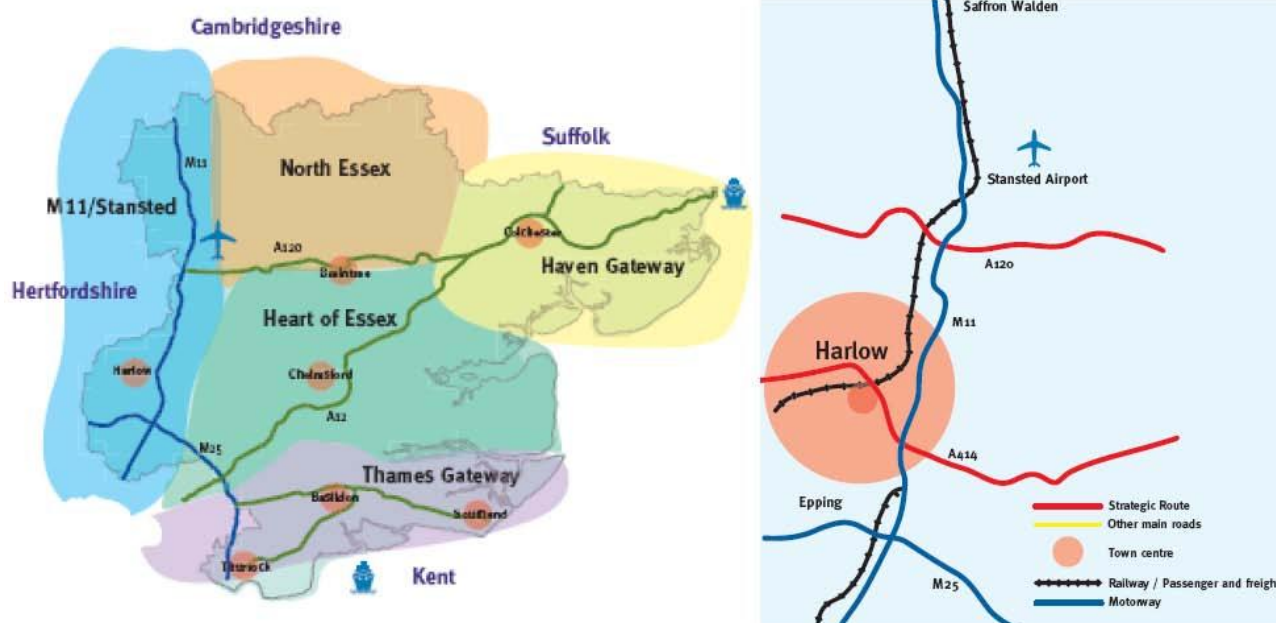


Рис. 1. Схема регионального планирования вдоль магистрали M11 [5]

В городском планировании одним из важнейших проектов является реконструкция центра г. Бирмингем, Англия. Реализация нового мастерплана рассчитана на ближайшие 20 лет и отражает основные изменения и тенденции градостроительной политики Великобритании с учетом исторических особенностей города [6]. План определяет шесть ключевых областей развития:

1. **Liveable city** - повышение уровня жизни - за счет создания жилья нового класса, создание рабочих мест и общественных пространств, доступной, безопасной, устойчивой и привлекательной среды.

2. **Connected city** - городские коммуникации - создание безопасной и удобной сети дорог и дорожек для пешеходов и велосипедистов, разветвленной системы общественного транспорта с высокой пропускной способностью автомобильных дорог.

3. **Authentic city** - аутентичный город - сохранение уникального облика города через его архитектуру, улицы и пространства, искусство и культуру, предприятия и его окрестности.

4. **Knowledge city** - Город знаний - развитие образовательной системы, поддержка университетских кампусов.

5. **Creative city** - Творческий город - поддержка творчества и индустрии во всех проявлениях.

6. **Smart city** - "Умный город" - соответствует климатическим изменениям благодаря устойчивому росту, учет экологических факторов [7].

Разрабатывается пространственная стратегия, основная цель которой - увеличение размера городского ядра и улучшение транспортное сообщение между частями города. При этом предполагается повысить плотность застройки и плотность населения центра города (до 5000 новых домов и 50000 новых рабочих мест, а также реконструировать транспортно-пересадочный узел. Последовательно мастерплан предполагает дальнейшие пути развития для каждого из 7 секторов городского ядра, дополнительное размещение предприятий экономической и культурной деятельности. Каждый из кварталов обладает отличительными чертами, так как расположен в пределах исторической застройки (рис. 2) [8].

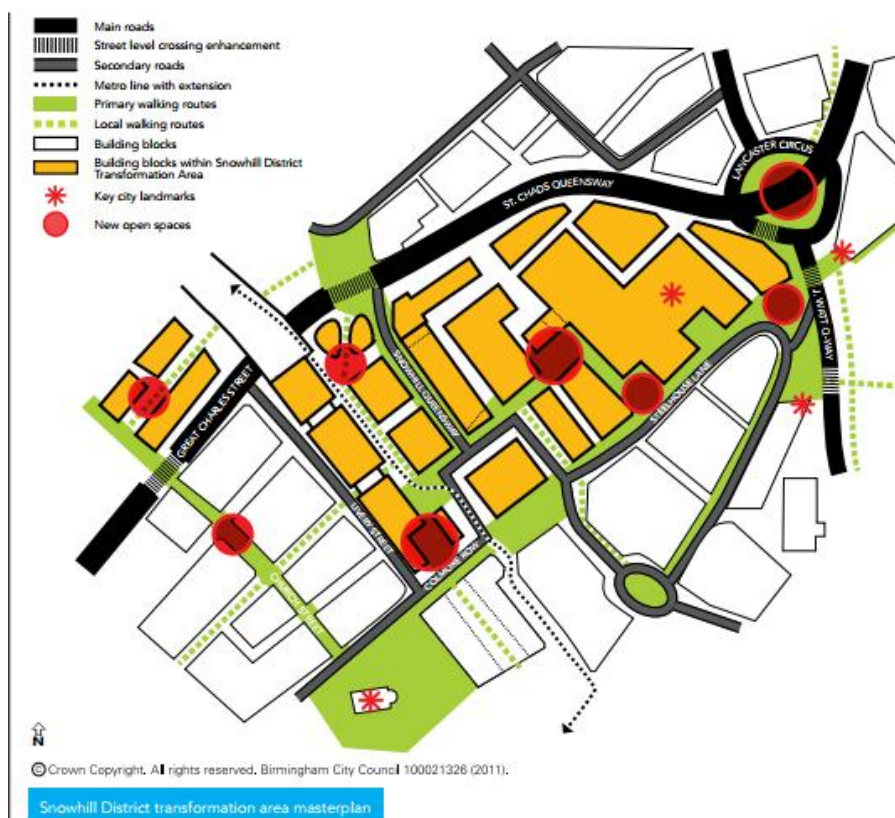


Рис. 2. Район Сноухилл, г.Бирмингем. Вариативность городской структуры (трансформируемость) согласно новому мастерплану [8]

Таким образом, новая стратегия территориального развития нацелена на определение масштабов города в пространственном отношении с учетом экономического развития, улучшения городской среды и качества жизни. Большинство проектов – предложения по рационализации использования пространства, его гуманизации и адаптации к современным нуждам [2]. Приоритетными становятся задачи пространственного планирования. «Унитарные единицы» разрабатываются как многоцентровые города – «области роста» по принципу «нового районирования». Ведущим в региональном планировании Великобритании является стратегическое градостроительное планирование. Развитие городов за последние десятилетия направлено в сторону развития личности и гармонизации человеческих отношений в городской среде.

**Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ 14-41-08040*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков А.Г. Противоречия развития города и градостроительное образование // Управление развитием территорий. 2010. №4. С 34-38.

2. Перькова М.В. Малые города как фактор устойчивого развития территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 63-66.

3. Government Office for the South West. Regional Planning Guidance for the SouthWest (RPG 10) [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.southwestra.gov.uk/media/SWRA/Transport/RPG10Fulltext.pdf> (дата обращения: 01.09.2014).

4. NATIONAL PLANNING POLICY FRAMEWORK (ENGLAND) Royal Town Planning Institute: National planning policy framework (England) - Retrieved 24 May 2012 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader URL: www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/6077/2116950.pdf (дата обращения: 30.08.2014).

5. Communities and Local Government: Technical Guidance to the National Planning Policy Framework - Retrieved 24 May 2012 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: www.gov.uk/government/publications/national-planning-policy-framework-technical-guidance (дата обращения: 30.08.2014).

6. Flatman J.; Perring D. The National Planning Policy Framework and Archaeology: A Discussion [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL:<http://www.piajournal.co.uk/article/view/pia.390> (дата обращения: 01.09.2014).

7. Flatman J. Census, Population and Household Estimates for the United Kingdom [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL:<http://www.scotlandscensus.gov.uk/documents/censusres>

[ults/release1c/rellc2sb.pdf](#) (дата обращения: 01.09.2014).

8. Программы стратегического развития территорий Комитета по землеустройству (Великобритания) - <http://www.boundarycommittee.org.uk> (дата обращения: 01.09.2014).

9. Программа развития регионов Великобритании - <http://www.odpm.gov.uk/regions> (дата обращения: 01.09.2014).

10. Официальный сайт Правительства Великобритании - <http://www.gos.gov.uk/national> (дата обращения: 01.09.2014).

Минко В.А., д-р техн. наук, проф.,
Феоктистов А.Ю., канд. техн. наук, доц.,
Гулько И.В., аспирант,
Елистратова Ю.В., аспирант,
Тарасенко Н.В., магистр,
Ткач Л.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С НАКИПЕОБРАЗОВАНИЕМ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

ovk.bel@gmail.com

Рассмотрены основные, применяемые на практике методы борьбы с накипеобразованием в системах теплопотребления. Выполнена классификация методов по различным признакам. На основании результатов применения на практике противонакипных методов, выявлены наиболее технически эффективные. Определён экономический эффект наиболее эффективных методов противонакипных мероприятий. Предложены оптимальные методы и комбинации методов противонакипных мероприятий для систем отопления, с разными сроками эксплуатации.

Ключевые слова накипеобразование, системы теплопотребления, противонакипные мероприятия, классификация противонакипных методов, техническая эффективность, экономический эффект.

Потребление энергии в нашей стране, как и во всём мире, растёт, и прежде всего, для теплообеспечения зданий и сооружений, при том, что добыча топлива обходится всё дороже, в связи с освоением глубоких месторождений в новых отдалённых районах. Важнейшей задачей РФ является энергосбережение в системах теплопотребления, т.к. на теплоснабжение гражданских и производственных зданий тратится до 40 % всех энергоресурсов страны.

Основными среди затрат на коммунально-бытовые нужды, являются затраты на отопление.

Для более 50 регионов России проблема энергосбережения в системах отопления связана с увеличением затрат из-за потери функциональности систем отопления, что оценивается не возобновляемыми потерями в 67 млн. Гкал тепла или 83,75 млрд. рублей в год [2].

Снижение функциональности систем отопления связано с ухудшением параметров работы систем отопления, вследствие процесса образования накипи на рабочих поверхностях.

На сегодняшний день, для улучшения условий теплопередачи, на практике применяют различные методы устранения и профилактики накипеобразования, которые можно разделить на несколько групп по разным признакам.

1. По направленности действия:

1.1. Методы удаления накипи.

- Химическая очистка (промывка), основана на применении растворов сильных кислот (кислотный реагент ВП-1с с ингибитором коррозии нержавеющей стали И-55, трилон- Б),

способных достаточно быстро и эффективно растворять, соли магния и кальция [2,3].

- Механическая очистка. Данный вид очистки предусматривает обязательную разборку оборудования для прямого доступа к элементам, на которых накопился слой накипи [2]. Удаление при этом происходит ручным или механическим инструментом. [2,3,7,8,].

- Пневмогидроимпульсная промывка. Данный метод очистки отопительных систем, осуществляется при помощи специального оборудования для промывки отопления – водяного пневмопистолета, который позволяет провести комплексную очистку водопроводных труб, диаметр которых не превышает 150 миллиметров [3].

- Гидродинамическая промывка. Представляет собой разрушение и удаление отложений из отопительной системы, струёй воды, которая подаётся под давлением до 200 атмосфер. [3]

1.2. Методы профилактики накипеобразования.

- Магнитная обработка воды (МОВ). Механизм предотвращения накипеобразования на теплообменных поверхностях с помощью магнитной обработки достаточно сложен и сводится к иницированию в воде структурной перестройки [5]. В результате карбонат кальция, который обычно кристаллизуется в кристаллографической модификации кальцит, начинает кристаллизоваться в арагонит рисунок 1. Арагонит не откладывается на теплообменных поверхностях.

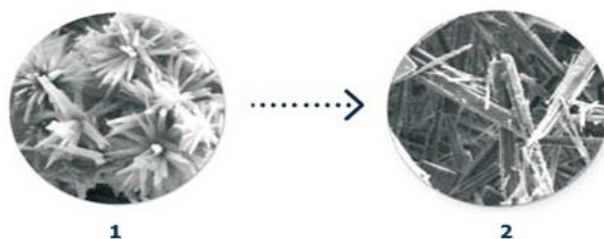


Рис. 1. Структурная перестройка карбоната кальция в результате МОВ

- Акустическая обработка воды. При озвучивании воды ультразвуком достаточной интенсивности, происходит разрушение, раскалывание образующихся в нагреваемой воде кристаллов солей жёсткости [2,3,6].

- Электромагнитная обработка воды. Применение электромагнитов, питающихся постоянным [5].

- Радиочастотная обработка воды. В приборах для радиочастотной обработки воды, излучатель генерируют переменный радиочастотный сигнал в диапазоне от 1 до 10 кГц.

- Специальная обработка воды (умягчение). Умягчение воды осуществляют 4 методами: термическим, основанным на нагревании воды, ее дистилляции или вымораживании; реагентным, при котором находящиеся в воде ионы Са и Mg связывают различными реагентами (например, известью) в практически нерастворимые соединения; ионного обмена, основанного на фильтровании умягчаемой воды через специальные материалы, обменивающие входящие в их состав ионы Na или H на ионы Са и Mg, содержащиеся в воде; диализа – на основе полупроницаемых мембран; комбинированным, представляющим собой различные сочетания перечисленных методов [2,7].

2. По принципу действия, методы противонакипных мероприятий могут быть классифицированы на:

2.1. Химические

- Смещение кальциевого равновесия дозированием кислот HCl , H_2SO_4 [3,7].

- Введение в оборотные системы ингибиторов накипобразования ПАФ - 13, MaPO_3 .

- Биоцидная обработка воды [3] хлором и его соединениями, бромированной органикой, имеет эффективность очистки 54 -100%.

2.2. Физические

- Магнитная обработка воды (МОВ).

- Ультразвуковая и радиочастотная обработка.

- Каталитическая обработка, основанная на введении в поток металлов -протекторов, на поверхности которых происходит рост отложений [4,6]

- Радиационная обработка воды мощным световым или ультрафиолетовым импульсом

изменяет структуру карбонатов в воде и оказывает биоцидное воздействие [2].

- Использование энергии электрического разряда в воде. Ударная волна и гидродинамические импульсы, образующиеся при микроэлектровзрыве на конце рабочего кабеля, разрушают накипь и отложения практически любой прочности. Используется гибкий коаксиальный кабель, поэтому возможна очистка труб с изгибами [2].

- Применение полимерных покрытий. Значительно снижает интенсивность накипобразования [4].

2.3. Механические

- Очистка при помощи прострела эластичных щеток или подача их на гибком валу [3].

- Промывка или продувка абразивными составами.

- Гидроструйный высоконапорный смыв отложений.

- Термический стресс - разрушение отложений под действием механических напряжений, вызванных резким перепадом температур [2].

- Шарикоочистка с введением во внутритрубное пространство стеклянных, резиновых, резиновых с корундовым пояском, пористых с ингибитором шариков [2].

- Факельное кипение стабилизирует толщину отложений за счет восходящих из пор и трещин отложений струй водяного пара.

3. Также, противонакипные мероприятия, могут быть классифицированы по виду методов на:

3.1. Обработка накипобразующего раствора (теплоносителя), (умягчение воды 4 способами, магнитная обработка вода, ультразвуковая обработка воды, радиочастотная обработка воды и т.д).

3.2. Эксплуатационные мероприятия (различного рода очистки и промывки).

3.3. Конструкционные мероприятия (применение материалов устойчивых к зарастанию для конструкции теплообменных поверхностей).

По результатам применения вышеперечисленных методов на практике, описанных в различных работах [2, 3, 4, 5, 7] наиболее техниче-

ски эффективными методами проведения противонакипных мероприятий, считаются умягчение воды реагентным способом, умягчение воды ионообменным способом и методом диализа, химическая очистка (промывка), гидродинамическая очистка, магнитная обработка воды, электромагнитная обработка воды, акустическая обработка воды, применение полимерных покрытий теплообменных поверхностей.

В системах отопления не всегда удобно применение способов умягчение воды. Например, при открытой системе горячего водоснабжения достаточно сложно поддерживать необходимые параметры теплоносителя и большие количества технической воды по экологическим соображениям не очищаются до необходимого качества.

Умягчение воды реагентным способом при открытой системе горячего водоснабжения не применяется, так как в качестве реагентов применяются сильнодействующие химические соединения.

Была оценена экономическая эффективность технически эффективных и наиболее

подходящих методов. В ценах 2013 года, был рассчитан экономический эффект применения противонакипных мероприятий на один 4хподъездный 10 этажный дом.

Экономический эффект определялся по формуле [2]:

$$\mathcal{E} = \Pi - Н, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – экономическая эффективность, руб.; Π – потери, обусловленные снижением производительности оборудования, руб.; $Н$ – затраты, связанные с проведением противонакипных методов, руб.

За один год применения противонакипных методов, экономический эффект, который определяется разницей затрат, положителен для магнитной обработки воды, для других методов отсутствует (рис. 2.а), что связано с большими затратами на проведение противонакипных мероприятий. Однако уже за 5 лет, экономический эффект положителен, и достаточно высок для большинства методов (рис. 2.б). Стоит отметить что экономический эффект для промывок и очисток, периодически исчезает, что объясняется необходимостью проводить данный вид мероприятий каждые 3-4 года.

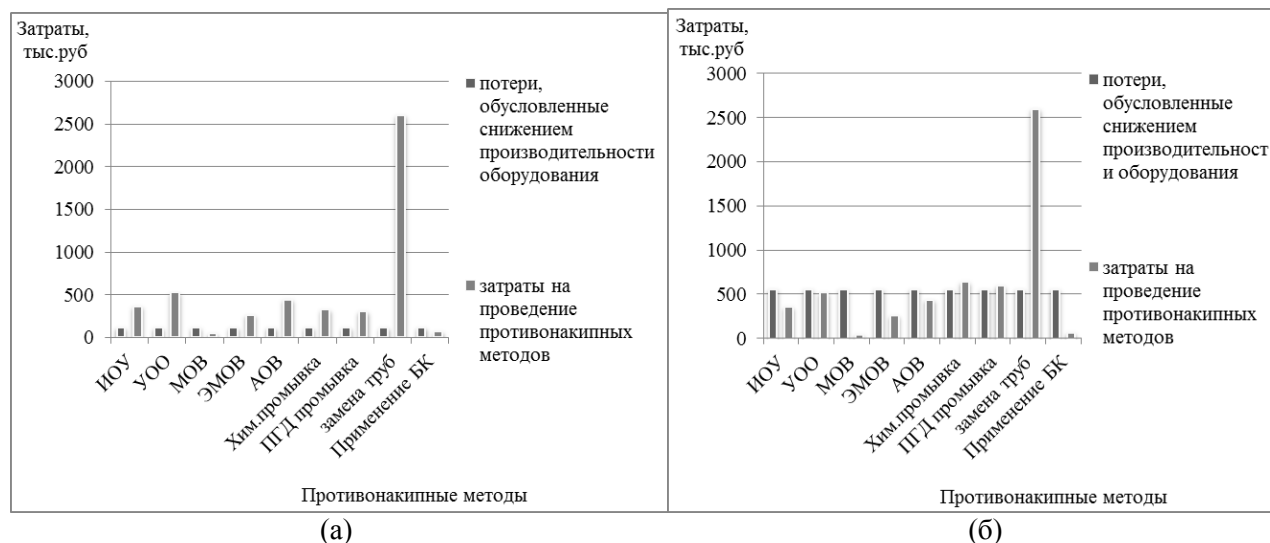


Рис. 2. Затраты на проведение противонакипных мероприятий в сравнение с потерями обусловленными снижением производительности систем отопления за 1 год (а), за 5 лет (б)

Сравнивая экономический эффект, всех рассмотренных методов, и учитывая их техническую эффективность, наиболее эффективным методом удаления отложений является – химическая промывка, наиболее эффективным методом профилактики отложений – является магнитная обработка воды.

Для систем отопления, находящихся в эксплуатации длительное время, необходимо первоначальное удаление накипи и дальнейшее поддержание работоспособности системы проведением профилактических мероприятий.

Наибольший эффект (технический и экономический) можно получить при проведении промывки химическим способом и дальнейшей профилактики методом магнитной обработки воды.

Для систем отопления, находящихся в эксплуатации незначительное время достаточно правильного выбора профилактического мероприятия. В результате исследования эффективности, наиболее эффективным методом профилактики накипобразования является магнитная обработка воды.

Для систем отопления на стадии проектирования, рекомендован выбор материалов теплообменных поверхностей, к которому адгезия отложений минимальна.

Проведение противонакипных мероприятий, наиболее подходящих для конкретных сроков эксплуатации систем отопления, позволит:

- Вывести системы отопления на проектные параметры, повысить температуры отапливаемых зданий;
- Увеличить сроки службы систем отопления без замены оборудования, снизить числа внеплановых ремонтов;
- Сократить расходы топлива для систем отопления;
- Снизить расходы электроэнергии;
- Снизить гидравлические потери.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский В. Н., Сканава А. Н. Отопление: Учеб. Для вузов. М.: Стойиздат, 1991. 735 с.: ил.
2. Сагань И. Н., Разладца, Ю. С. Борьба с накипеобразованием в теплообменниках. Киев: Техника, 1986. 132 с.
3. Крушель Г. Е. Образование и предотвращение отложений в системах водяного охлаждения. М. Л.: Госэнергоиздат 1955. 213 с.
4. Шевейко А. Н. Регулирование процесса образования отложений в оборудовании ТЭС и АЭС с целью увеличения эффективности теплообмена: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Шевейко Александр Николаевич. М., 1990. 172 с.
5. Бартенев Г.М., Зеленев Ю.В. Физика и механика полимеров: Учебное пособие для вузов. М.: Высш. шк., 1983. 391 с.
6. Очков В.Ф. Исследование процессов и разработка технологии магнитной обработки воды в теплоэнергетических установках.: 05.14.14 / Моск. энергет. ин-т - Москва, 1979 - Количество страниц: 172 с.
7. Миропольский З. Л., Бубликов И. А., Новиков Б.Е.. Исследование термического сопротивления отложений в теплообменниках, охлаждаемых технической водой // Теплоэнергетика. 1992. №5. С.71-74.
8. Минко В.А., Семиненко А.С., Гунько И.В. Елистратова Ю. В. Влияние отложений на рабочих поверхностях системы отопления на показатели работы элементов системы. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014. №5. С. 32-35
9. Кобелев Н.С., Минко В.А., Кобелев В.Н., Семиненко А.С., Гунько И.В., Токарева А.В., Тарасов Д.М. Энергосберегающее решение в биосферных системах отапливаемых жилых и общественных зданиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 62-65.

Селицкая Н.В., канд. техн. наук, доц.,
Духовный Г.С., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭМУЛЬСИОННОЙ МАСТИКИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

khoruzhaya@front.ru

В условиях рыночных отношений одним из критериев успешного функционирования отрасли транспортного строительства является получение доброкачественного результата строительства, что достигается при осуществлении постоянного и непрерывного контроля качества производства работ. Это актуализирует проблему создания мониторинга технологических процессов, которая возникает еще на стадии проектирования и инвестирования строительных работ. Объясняется это тем, что затраты связанные с устранением брака, обнаруженного в ходе эксплуатации, зачастую значительно превышают затраты на возведение объекта, что является недопустимым. Особенно важным является фактор сохранения прочности и долговечности сооружений вообще, а транспортных – в особенности. Это зависит от качества гидроизоляции ничуть не в меньшей степени, чем от качества несущих конструкций, потому что нет у транспортных сооружений более опасного врага, чем вода. Причем это справедливо для любых конструкций – как широко используемых железобетонных и металлических, так и почти не возводимых сегодня деревянных и каменных.

Ключевые слова: гидроизоляция, композиционные вяжущие, техногенное сырье, отходы мокрой магнитной сепарации.

Надежная гидроизоляционная защита – одно из условий обеспечения долговечности бетонных и железобетонных мостов, водопропускных труб и других искусственных сооружений. При этом среди доминирующих причин преждевременного разрушения этих сооружений лидирует нарушение сплошности гидроизоляции, которая, на сегодня, является одним из наименее долговечных элементов.

Дождевая вода, просачиваясь сквозь бетонную (железобетонную) конструкцию, растворяет и вымывает из бетона гидроокиси кальция и другие химические компоненты, что приводит к увеличению пористости, нарушению структуры и, как следствие, понижению прочности конструкции. Зимой проникшая в поры бетона вода замерзает и, увеличившись в объеме, вызывает растрескивание бетона. Трещины и вода в присутствии хлоридов вызывают коррозию арматуры, также способствующую ослаблению прочности сооружения. Усугубляет процесс соль, применяемая в городах для борьбы со льдом и снегом.

В свете изложенного становится очевидной необходимость защиты конструкций от воздействия описанных неблагоприятных факторов путем создания надежной гидроизоляции, которая обеспечивает прочность и долговечность сооружения.

Обычно затраты на устройство гидроизоляции составляют порядка 3% от общей стоимости строительства, но в сложных условиях при использовании современных материалов и

технологий эта цифра может достигать 10%. Транспортный объект следует рассматривать как единую природно-техническую систему включающую, наряду с другими элементами, методы наблюдения и методы управления качеством процесса его возведения.

В настоящее время наиболее распространенным видом гидроизоляции при строительстве и ремонте средних и малых мостов (особенно при их удаленности от производственных баз) является обмазочная изоляция на основе битумов, т.к. применение изоляционных материалов на основе неорганических вяжущих и полимеров значительно дороже, связано с усложнением технологии проведения работ, сроками твердения.

При этом недостатком мастик горячего нанесения на основе битумов является работа с горячим раствором, экологическая опасность, отсутствие адгезии к влажным поверхностям.

Мастики холодного нанесения, полученные растворением вяжущих легкими токсичными разжижителями отличаются пожароопасностью, резким запахом, плохой адгезией к влажным поверхностям.

Перспективным направлением применения обмазочной гидроизоляции на основе битумов при строительстве искусственных сооружений является разработанная в данной диссертационной работе холодная обмазочная битумно-эмульсионная мастика на основе комплексного органоминерального вяжущего, обеспечивающая долговечность, технологичность, эконо-

мичность и экологичность гидроизоляционных работ.

В связи с тем, что эксплуатационные характеристики гидроизоляционных материалов, в основном, определяются свойствами матричного вяжущего, широкое распространение получило направление повышения именно его надежности. Этому направлению посвящено значительное количество работ российских и иностранных ученых.

Влияние отличия в структурном реологическом типе битумов, характеризующееся количественным содержанием асфальтенов [1-3], на свойства полимербитумного вяжущего при введении раствора полимеров класса термоэластопластов типа СБС разветвленной структуры ДСТ-30-01 производства «Сибур», приготовленного на различных растворителях (керосин (ГОСТ 10227-86), машинное масло (ГОСТ 17479.1-85), индустриальное масло И-40А (ГОСТ 20799-88) с содержанием полимера 3, 4, 6 % от массы битума оценивалось по значению интервала пластичности и минимальной температуре хрупкости, что характеризовало возмож-

ность более надежной работы полимербитумного вяжущего в широком диапазоне эксплуатационных температур.

Установлено [4, 5], что введение полимерных наполнителей в битум значительно расширяет температурный интервал надежной работы битумных материалов. Свойства полимерно-битумного вяжущего зависят от свойств исходного битума, свойств полимера и его совместности с битумом, качественных характеристик пластификатора. Требуемое количество полимера для получения полимерно-битумного вяжущего будет зависеть от структурного типа исходного битума и климатических условий эксплуатации транспортного сооружения.

Наиболее высокие показатели по этим критериям получили полимербитумы на основе БНД 60/90 (рис. 1) при введении раствора 6 % полимера и индустриального масла, превышающие аналогичные показатели соответственно для гудрона и строительного битума на 8 % и 21 % по минимальному значению температуры хрупкости и на 26 % и 6 % по значению интервала пластичности.

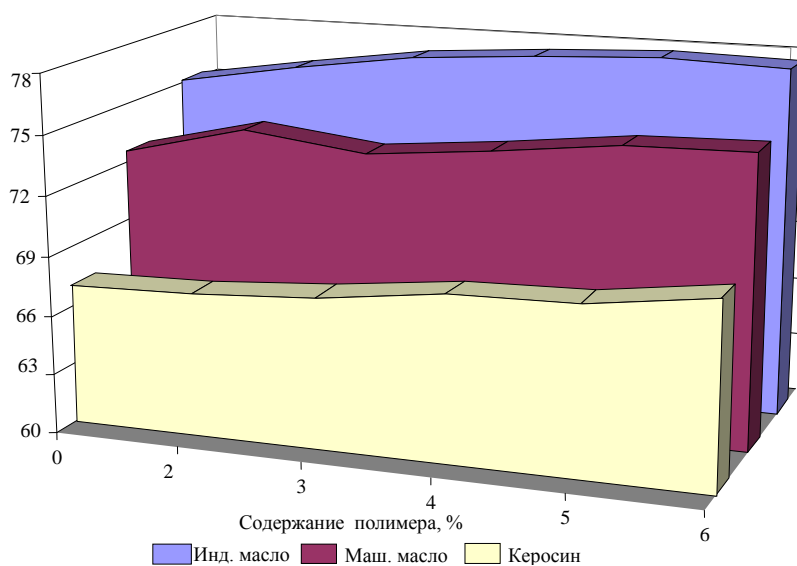


Рис. 1. Изменение температуры размягчения битума Рязанского НПЗ в зависимости от вида пластификатора и количества полимера

Выбор индустриального масла марки И-40А обусловлен оптимальным соотношением температуры вспышки (215 °С) и невысокой вязкости среди существующих марок индустриальных масел [6].

Особое внимание было уделено обоснованию вида наполнителя для получения обмазочной мастики. Для этого были проанализированы свойства кварцитопесчаника [1, 3], гранита, известняка и отхода ММС с близкими значениями удельной поверхности этих материалов (700 м²/кг). При этом сравнивались как особенности химического состава этих материалов, данные исследований по текстуре и активности поверх-

ности зерен после их измельчения, так и сохранение водно-эмульсионной мастикой стабильности при ее изготовлении, транспортировке и хранении. Шероховатость поверхности [7] и высокое содержание магнетита в зернах тонкомолотого отхода мокрой магнитной сепарации (ММС) по сравнению с другими кислыми породами, а также стабильность водной эмульсии по сравнению с известняковыми наполнителями определила выбор тонкомолотого техногенного продукта отхода ММС (табл. 1).

Низкотемпературные свойства комплексного органоминерального вяжущего (КОМВ) полимербитумной эмульсии оценивались по пока-

зателям: температуры хрупкости эмульсионного остатка (по ГОСТ 11507-78) и гибкости мастики (по ГОСТ 26589-94).

Таблица 1

Свойства исходного и молотого отхода ММС

Наименование показателя	Требования ГОСТ	Молотый ММС	Немолотый ММС
Зерновой состав, % по массе не менее:			
мельче 1,25 мм	не менее 100	100	100
> 0,315 мм	от 80 до 95	96	96
> 0,071 мм	не менее 80	85	80
Показатель битумоемкости, г	не более 50	48	38
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %	не менее 0,7	0,85	0,91
Пористость, %	не более 30	26	19
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %	не более 2,50	1,67	1,15
Влажность, % по массе	не более 0,5	0,48	0,40
Удельный вес,	—	2,90	2,52
Объемная масса	—	2,15	2,06

Результаты по изменению температуры хрупкости комплексного органоминерального вяжущего сопоставимы с изменением хрупкости полимербитума, и при введении 12 % тонкодисперсного наполнителя в КОМВ практически не отличаются. Такие данные коррелируются с последними результатами исследований группы французских ученых о том, что введение тонкомолотого кремнеземистого наполнителя незначительно влияет на изменение температуры хрупкости асфальтовяжущего.

Гибкость при низких температурах оценивали по методу, который заключается в изгибе образцов материала размером $(120 \times 20) \pm 1$ мм на 180° на поверхности с закруглением соответствующего радиуса в течение 5 секунд.

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований (рис. 2) показывает, что с уменьшением толщины образцов материалов наблюдается существенное снижение температуры по критерию гибкости. С ростом толщины образца уменьшается величина угла изги-

ба, при котором появляется трещина в материале. Так при температуре испытания минус 15°C на стержне диаметром 35 мм угол изгиба мастики уменьшается на 113° при повышении толщины образца до 6 мм, по сравнению с образцом в 1 мм.

С повышением степени дисперсности железистых отходов ММС снижается температура гибкости мастики (рис. 3), и при $700 \text{ м}^2/\text{кг}$ она составляет 27°C , что на 10°C ниже, чем при использовании наполнителя с удельной поверхностью $300 \text{ м}^2/\text{кг}$.

При достижении максимальной тонкости помола и введении наполнителя в мастику при его различных концентрациях, наблюдается снижение температуры, при которой на пленке толщиной 3 мм образуется трещина при испытании ее на изгиб. При повышении концентрации тонкомолотого наполнителя до 12 % температура гибкости уменьшается на 8°C и составляет -28°C .

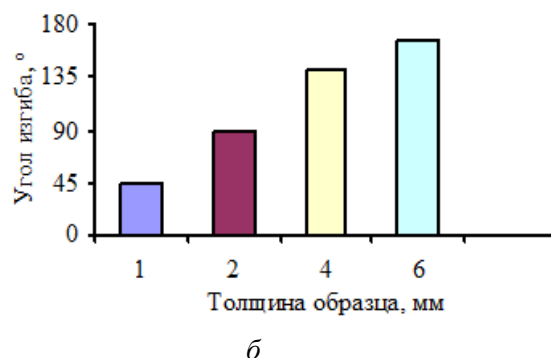
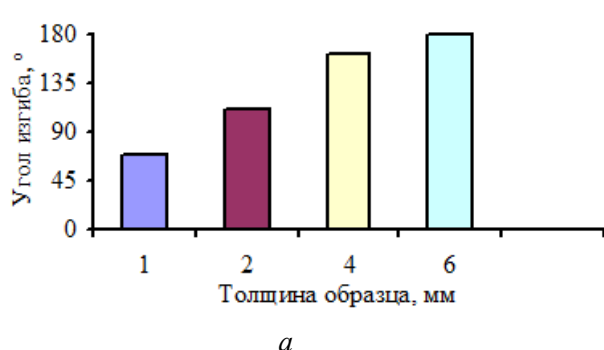


Рис. 2. Зависимость гибкости мастики от толщины пленки при температуре минус 15°C :
а – диаметр стержня 35 мм; б – диаметр стержня 10 мм

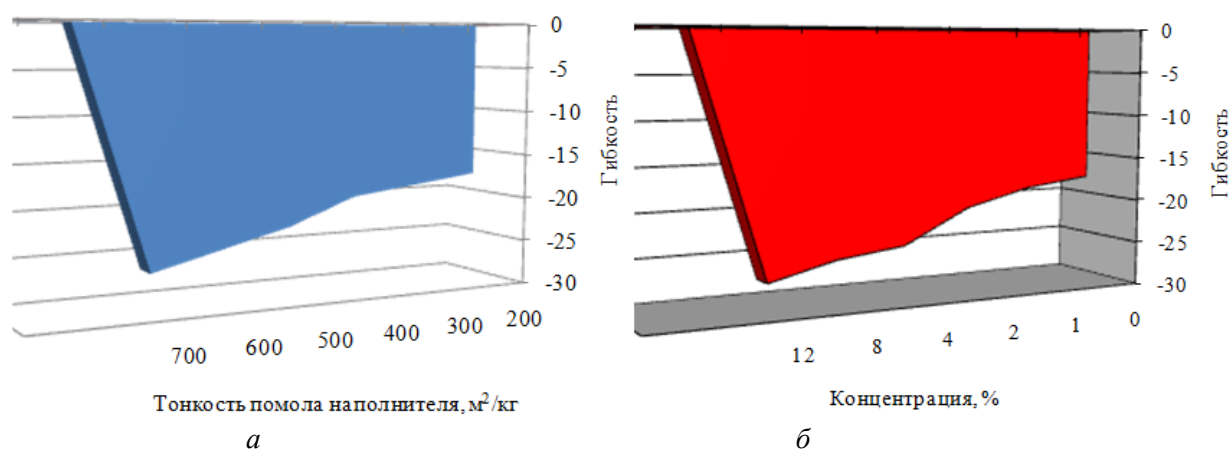


Рис. 3. Изменение гибкости КОМВ толщиной 3 мм в зависимости от тонкости помола (а) и концентрации (б) наполнителя

После проведения сравнительной микросъемки (рис. 4) исходного и наполненного битума, можно предположить, что при введении в битум модификатора и тонкодисперсного наполнителя происходит преобразование структуры КОМВ. Данные фотографии показывают, что до модифи-

кации (а) битум представлял собой дисперсную систему, где асфальтены распределены в среде масел и не образуют контактов между собой. После модификации и введения наполнителей наблюдается образование структурированной системы (б).

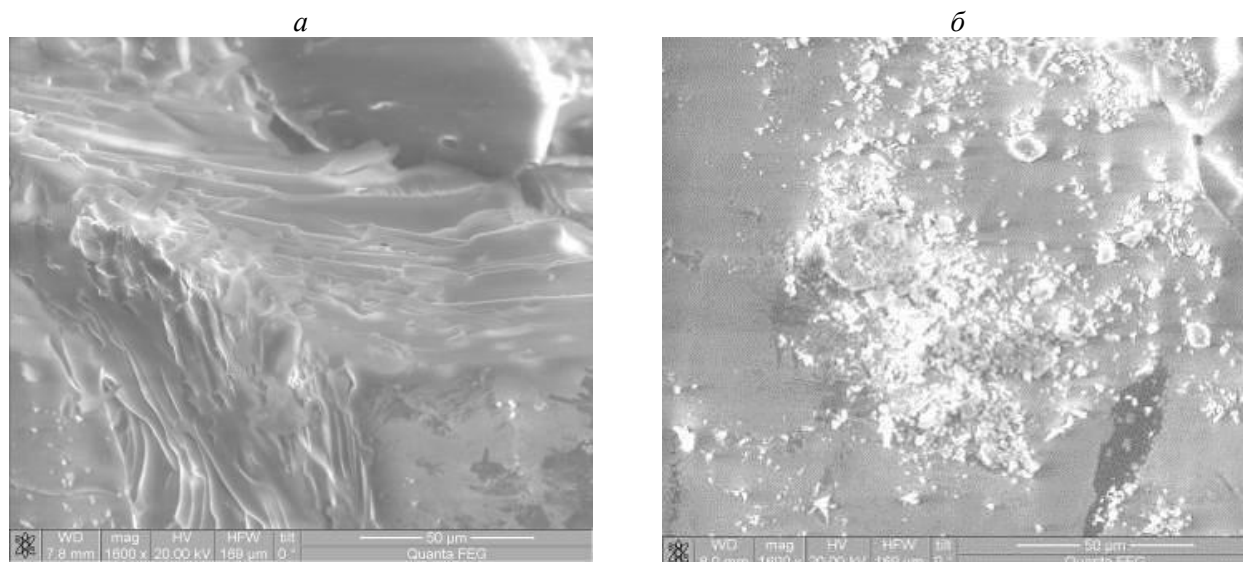


Рис. 4. Изменение структуры КОМВ (б) в результате модификации вяжущего (а) ($\times 1600$)

Можно предположить, что введение тонкомолотого кремнезема в дисперсионную среду за счет наличия активных центров поверхности его зерен позволяет повысить вязкость дисперсионной среды, при этом деформативность увеличивается за счет направленной ориентации нитей полимеров.

Таким образом, повышение деформативности предлагаемой мастики при отрицательных температурах, очевидно, будет обеспечиваться за счет:

1. изменения структуры дисперсионной среды в связи с опережающей стадией адгезии полимера по сравнению с ПАВ с активной поверхностью тонкодисперсного железистого

наполнителя, что приведет к направленной ориентации нитей полимера, при этом повысится и вязкость, и эластичность малящей КОМВ;

2. уменьшения толщины пленок мастики, что обеспечивается снижением вязкости мастики и технологией ее нанесения на бетонную поверхность сооружения.

В результате исследования физико-механических и эксплуатационных свойств эмульсионной мастики на основе композиционного органоминерального вяжущего были получены следующие результаты:

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность направленной

ного регулирования свойств композиционного органоминерального вяжущего с учетом его структурного типа.

2. Выявлен характер влияния увеличения степени дисперсности частиц наполнителя в составе комплексного органоминерального вяжущего на повышение динамической и температурной устойчивости гидроизоляционных обмазочных мастик.

3. Предложен механизм структурообразования гидроизоляционной мастики в системе «битум – полимер – тонкодисперсный наполнитель», заключающийся в повышении структурной вязкости и эластичности мальтеновой части битумов при введении полимеров, нити которых ориентированы и частично адсорбированы активной поверхностью наполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин А. М., Коротков А.В., Котлярский Э.В. Требования к битумным эмульсиям для приготовления литых эмульсионно-минеральных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 10–12.
2. Лесовик Р.В., Ключев С.В. Техногенные пески для производства высококачественного фибробетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. №8. С. 31-33.
3. Сухова Т.Н., Духовный Г.С., Хоружая Н.В. Инновационная технология в производстве битумных эмульсий // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 30-31.
4. Спектор, Э. М. Рулонные, кровельные и гидроизоляционные материалы на основе эластомеров. М.: АСВ, 2003. – 127 с.
5. Ключев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. Фиброармированные композиты на техногенном сырье // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 19. № 1. С. 34-36.
6. Кемалов, Р.А., Борисов С.В., Кемалов А.Ф. Научно практические аспекты получения композиционных битумных материалов // Технологии нефти и газа. 2008. №2. С. 49-55.
7. Барабаш Д.Е., Зеленев Г.В. Улучшение физико - механических характеристик композиций на основе полибутадиенов с реакционно-способными концевыми группами // Актуальные вопросы строительства: матер. междун. науч. - техн. конф. - Изд-во Мордовского госуниверситета. Саранск. 2005. С. 15-17.

Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Кобзев В.А., аспирант,
Сивальнева М.Н., аспирант,
Подгорный И.И., аспирант,
Пальшина Ю.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНЕЗИСА СЫРЬЯ*

309991@mail.ru

В статье описаны особенности наноструктурированного вяжущего в зависимости от состава сырьевых компонентов. Показана целесообразность использования пород алюмосиликатного состава кристаллической и аморфной структуры для получения наноструктурированного вяжущего. Приведены физико-механические свойства вяжущих в зависимости от генезиса исходных материалов.

Ключевые слова: наноструктурированное вяжущее, модификатор, реология, генезис, алюмосиликатное, силикатное

Производство большинства представителей материалов строительного назначения связано с использованием портландцемента в качестве основного связующего компонента. Однако, производство данного материала связано с высокими энергозатратами, а также существенным прессингом на экосферу планеты. Для снижения указанных негативных факторов необходима существенная корректировка технологии получения цемента, либо разработка принципиально новых видов вяжущих с атермальной историей. К числу таких материалов относятся наноструктурированные вяжущие (НВ) полимеризационно-поликонденсационного типа твердения, разработанные коллективом ИНО и ОПЦ НКМ БГТУ им. В.Г. Шухова. Технология получения вяжущего заключается в постадийном помоле сырья по мокрому способу с последующей модификацией [1].

Особенностью НВ служат полимеризационно-поликонденсационный тип твердения, наличие наноразмерной составляющей и определенные реологические характеристики. Указанная специфичность наноструктурированного вяжущего позволяет рекомендовать его для строительных материалов различной функциональной направленности, в частности ячеистых бетонов, силикатных материалов, композиционных вяжущих веществ. НВ возможно использовать в качестве основного вяжущего компонента или модификатора. В связи с этим возникает необходимость расширения ресурсной базы для получения вяжущего.

Традиционным минеральным сырьем для получения наноструктурированного вяжущего является кварцевый песок – продукт процессов выветривания кислых магматогенно-интрузивных пород и представляет собой кристаллическое кремнеземсодержащее сырье весьма выдержанного фазового и химического

состава. Однако, сырьем для получения НВ могут также служить алюмосиликатные породы, содержание кварца в которых составляет не менее 40 %. В частности, одним из наиболее распространенных алюмосиликатных природных материалов полной кристаллической структуры является гранит, скрытокристаллической – перлит.

Наличие нежелательных примесей в составе алюмосиликатных пород (свободной и связанной воды в случае перлита, слюдистых пород в случае гранита) требует тщательного изучения фазового состава сырьевых материалов, так как возможно негативное влияние указанных примесных компонентов в процессе получения наноструктурированного вяжущего.

Попытки применения обычных методов определения фазового состава вещества со строением, аналогичным перлиту, с помощью рентгенофазового анализа (РФА) не могут быть реализованы ввиду отсутствия на рентгенограммах селективных отражений от кристаллических фаз. Описание фазово-структурного состояния рентгеноаморфных (наноструктурированных) веществ вполне непротиворечиво может быть проведено на основе кристаллических «структур-аппроксимантов». При этом кривая рассеяния рентгеновских лучей от аморфного вещества может быть смоделирована как результат рассеяния на наноразмерной совокупности кристаллитов. Размерные эффекты (наномасштабность кристаллитов) будет проявляться в существенном уширении рентгеновских отражений. Применяя такой подход можно получить не только концентрационные параметры наноразмерных фаз, но определить размеры их кристаллитов в изотропном приближении, т.е. провести рентгеновский микроструктурный анализ.

В качестве исходной модельной композиции перлита были выбраны кристобалит, триди-

мит и α -кварц. Полнопрофильные расчеты с применением программы FullProf проводились с применением стратегии уточнения масштабных (концентрационных) и микроструктурных пара-

метров (размеров кристаллитов в изотропном приближении). Расчеты по этой методике показали отсутствие тридимитового минерального компонента в исследуемом перлите.

Таблица 1

Количественные концентрационные фазовые параметры кремнеземистого сырья

Материал	Минерал, %					
	α -кварц	β -кварц	Кристобалит	Альбит	Анортит	Биотит
90	10	—	—	—	—	—
77	—	23	—	—	—	—
56	—	—	7,8	24	3,2	—

Как видно из приведенных данных, достаточное содержание кварца в исходных материалах будет способствовать не только наработке необходимого количества нанодисперсной составляющей, а также формированию в процессе синтеза вяжущих свойств конечных материалов.

В настоящее время авторами предложены рациональные области использования нано-

структурированного вяжущего различного состава. Известно, что свойства строительных композитов напрямую зависят от характеристик материалов, применяемых для их получения. В случае НВ важными характеристиками являются дисперсность, плотность, прочность, а также реологические свойства (табл. 2, рис. 1, 2).

Таблица 2

Физико-механические характеристики наноструктурированного вяжущего в зависимости от состава (по [2–4])

Тип системы	Сырье	Плотность, кг/м ³	Концентрация твердой фазы	Пористость, %	Предел прочности отливки при изгибе, МПа
Силикатная	Песок	2150	0,75	14–16	5,5–6
Алюмосиликатная	Перлит	1880	0,68	16–18	3,5–4
	Гранит	2080	0,79	13–15	6,5–7

Как видно из приведенных данных, все виды вяжущих обладают сходными свойствами. Тем не менее, максимальной прочностью характеризуется вяжущее на основе гранита, что делает его перспективным в качестве основного связующего компонента для получения широкого спектра строительных материалов различной структуры.

Представленные компоненты отличаются существенной полидисперсностью. Наличие наноразмерной составляющей и близкое нахождение частиц в измерительной шкале может свидетельствовать о целесообразности применения данных материалов в качестве сырья для производства НВ. Из представленных графиков видно, что гранулометрический состав гранита более однороден по сравнению с кварцевым песком и перлитом, большая часть частиц ($\approx 9\%$) имеет размер 900–1100 нм. Гранулометрические составы песка и перлита имеют заметные пики – 22% и 12% при более широком диапазоне распределения частиц. Стоит отметить, что согласно приведенным данным, максимальной дисперсностью (минимальным размером частиц) обладает НВ на основе кварцевого песка. Это обусловлено высокой размолоспособностью исходного сырья. Максимальный размер частиц отмечен на гранитном НВ, что объясняется наличием слюдистых компонентов в составе исходной породы, выступающей в качестве ме-

ханической смазки на кварцевых частицах гранита в процессе получения вяжущего. Все это в совокупности существенно затрудняет процессы механоактивации, и, как следствие, непосредственное измельчение кварцевой составляющей.

К числу важнейших характеристик вяжущих относятся реологические особенности. Так, с технологической точки зрения необходимо достижения тиксотропных свойств материалов. Известно, что для достижения указанных свойств наноструктурированных вяжущих, как правило, необходима их модификация пластифицирующими и разжижающими добавками или их комплексом. В связи с этим анализировались реотехнологические характеристики вяжущих различного состава (рис. 2).

Как видно из рисунка, все вяжущие характеризуются типичным тиксотропным типом течения: при увеличении градиента скорости сдвига наблюдается плавное понижение вязкости системы до ее минимального значения. Однако, стоит отметить, что минимальным значением начальной вязкости характеризуется НВ на основе кварцевого песка. Это обусловлено его невысокой способностью формировать пространственные коагуляционные структуры. В случае гранитного НВ в области малых значений градиента скорости сдвига ($\dot{\epsilon} = 2\text{--}5 \text{ с}^{-1}$) течение вяжущего происходит с неразрушенной коагуляционной структурой, обладающей мак-

симальной пластической вязкостью. При дальнейшем увеличении градиента скорости сдвига ($\dot{\epsilon} = 10\text{--}25\text{ с}^{-1}$) наблюдается разрушение коагуляционной структуры системы, сопровожда-

ющееся снижением пластической вязкости, и далее течение происходит при полностью разрушенной структуре с практически постоянной минимальной вязкостью.

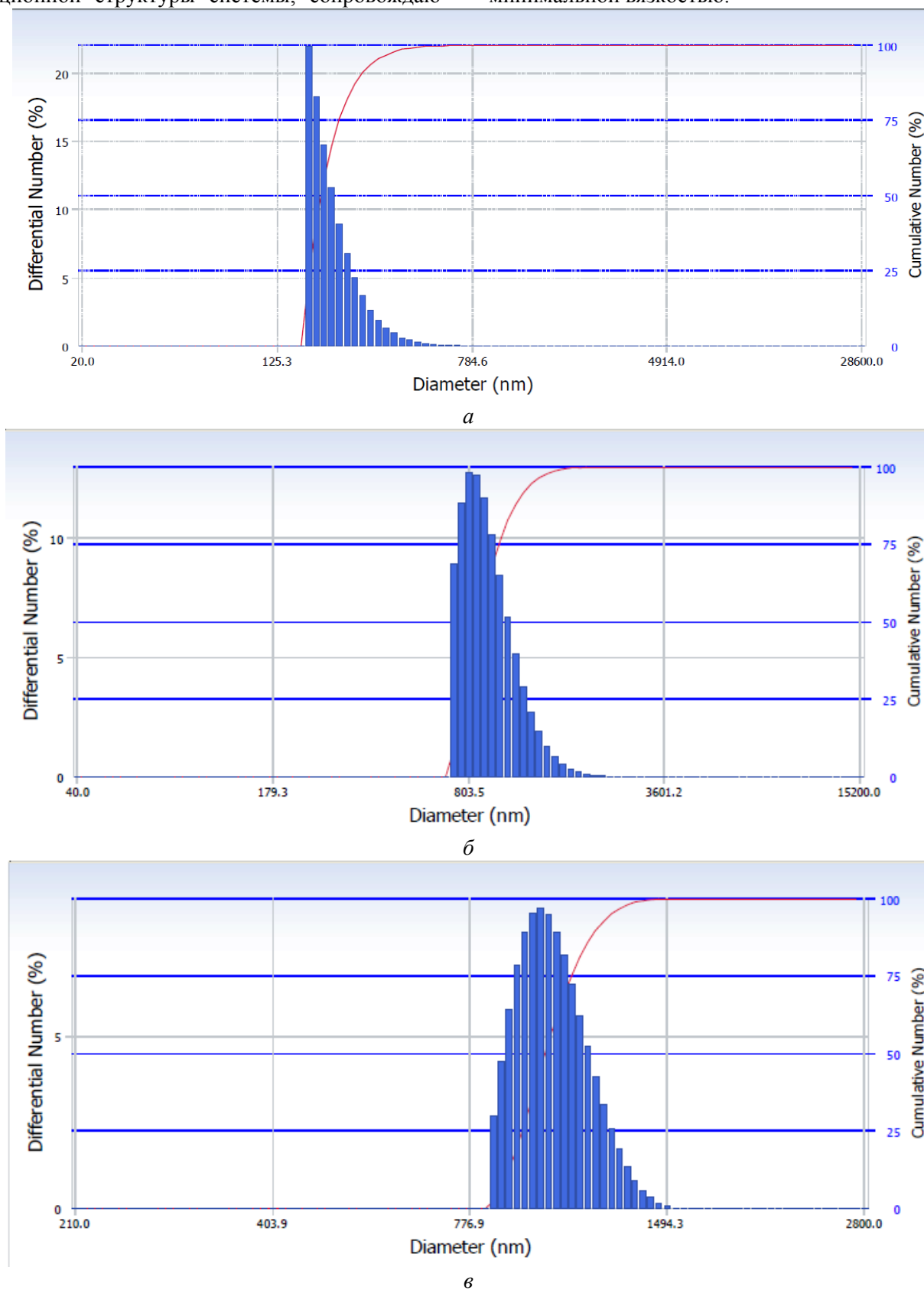


Рис. 1. Гранулометрический состав наноструктурированных вяжущих на основе:
а) кварцевого песка; б) перлита; в) гранита

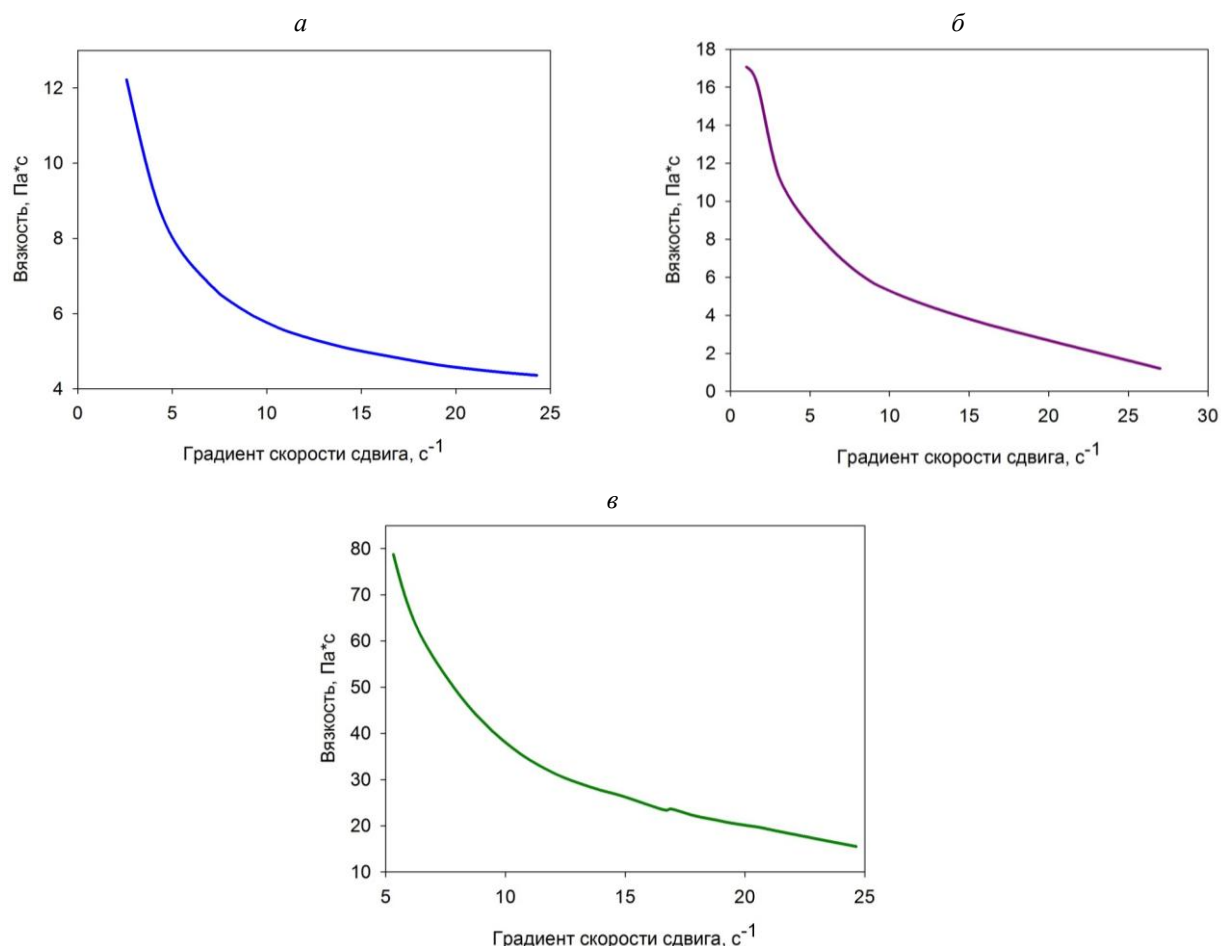


Рис. 2. Зависимости вязкости наноструктурированного вяжущего от вида сырья:

а – кварцевый песок; *б* – перлит; *в* – гранит

В настоящее время разработан ряд материалов с использованием наноструктурированного вяжущего. В частности, предложены составы силикатных автоклавных прессованных материалов, теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов, а также композиционных вяжущих. При этом материалы на основе наноструктурированного перлитового вяжущего показали особую эффективность, так как благодаря особому строению алюмосиликатного сырья, процесс производства материала был существенно сокращен, что приводит к снижению конечной стоимости готового продукта.

Таким образом, алюмосиликатные породы являются перспективным и эффективным сырьем для синтеза наноструктурированных вяжущих. Предварительными исследованиями доказана возможность получения НВ на основе гранита. При этом процесс производства возможно проводить одностадийно, а также без использования дополнительных интенсификаторов и стабилизаторов помола, что подчеркивает также экономическую эффективность данного сырья.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания, проект №9.7.9, а также РФФИ, договор № 14-33-50399/14.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Оптимизация структуры наносистем на примере ВКВС // Строительные материалы. 2006. №9. С. 12–13.
2. Мирошников Е.В., Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 105–106.
3. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. №1–2. С. 38–41.
4. Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 48–51.

Мамедов А. Дж., докторант
Азербайджанский архитектурно-строительный университет

О МЕТОДЕ РАСЧЕТА АБСОЛЮТНО - ЖЕСТКИХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК С УЧЕТОМ ЛОБОВОГО И БОКОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ГРУНТА

ahad.mamedov@rambler.ru

Ниже на основании модели Фусса – Винклера, характеризуемой параметрически - нелинейным законом изменения коэффициента жесткости грунта по глубине и закона Кулона о предельном сопротивлении грунтов сдвигу рассматривается расчет абсолютно - жестких призматических свай на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок с учетом лобового и боковых сопротивлений грунта. В результате получены значения изгибающих моментов и перерезывающих сил в произвольных сечениях абсолютно - жесткой сваи. А также определены положения точки нулевого перемещения сваи от поверхности основания неизвестных начальных параметров (Y_0 и θ_0) и значений продольных критических нагрузок.

Ключевые слова: грунтовая среда, закон Кулона о предельном сопротивлении грунтов сдвигу, параметрически - нелинейный закон изменения коэффициента жесткости грунта по глубине, абсолютно - жесткий призматический свай, лобовой и боковые сопротивления грунта, модель Фусса - Винклера.

Данные конструкции широко применяются в основаниях морских стационарных платформ. Они обеспечивают сейсмостойкость и безопасность этих сооружений, возводимых на нескальных основаниях. Сваи, подверженные горизонтальным и вертикальным нагрузкам применяются также в основаниях водосливных и гравитационных плотин, подверженных сейсмическим воздействиям.

Расчетная схема рассматриваемой статически контактной задачи показана на рисунке 1. Согласно рис. 1 на уровне поверхности основания к верхнему концу

призматической сваи приложены вертикальная N , горизонтальная Q_0 нагрузки и сосредоточенный момент M_0 . Под действием приложенных нагрузок абсолютно - жесткая свая поворачиваясь вокруг некоторой точки D расположенных на глубине h_0 от поверхности основания получает горизонтальные перемещения $Y(x)=Y_0 - \theta_0 x$. Таким образом первоначальная прямолинейная ось сваи ODB переходит на $O_1D_1B_1$.

Интенсивность лобового сопротивления грунта определяется по формуле:

$$q_l(x) = -K(x)Y(x) = -K_h \left(\frac{x}{h}\right)^\beta (Y_0 - \theta_0 x) = -K_h Y_0 \left(\frac{x}{h}\right)^\beta + K_h \theta_0 \frac{x^{\beta+1}}{h}, \quad (1)$$

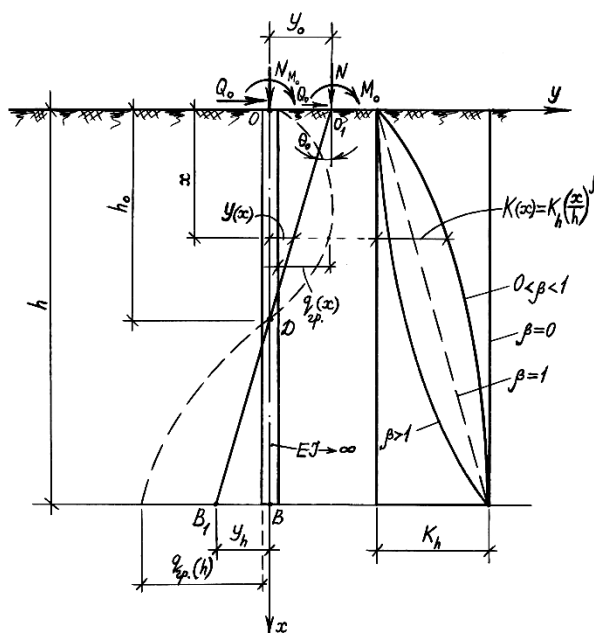


Рис. 1. Схема к расчету жесткой сваи на совместные действия вертикальных и горизонтальных сил

Интенсивность боковых сопротивлений грунта выражается в виде следующей зависимости:

$$\begin{aligned} q_b(x) &= -2[q_{qr}(f) + q_{qr}(c)](Y_0 - \theta_0 x) = \\ &= -2(\xi\gamma x \operatorname{tg} \phi + c)(Y_0 - \theta_0 x) = \\ &= -2(Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c)x + 2\theta_0 \xi \gamma x^2 \operatorname{tg} \phi - 2Y_0 c \end{aligned} \quad (2)$$

$q_{qr}(c)$ – интенсивность сопротивления грунта на сцепления.

Перерезывающая сила в произвольном сечении сваи от интенсивности лобового сопротивления грунта определяется по формуле [1]:

$$\begin{aligned} Q_l(x) &= \int_0^x q_l(z) dz = \\ &= \int_0^x \left[-K_h Y_0 \left(\frac{z}{h} \right)^\beta + K_h \theta_0 \cdot \frac{z^{\beta+1}}{h} \right] dz = \\ &= -K_h Y_0 \cdot \frac{1}{\beta+1} \cdot \frac{x^{\beta+1}}{h^\beta} + K_h \theta_0 \cdot \frac{x^{\beta+2}}{(\beta+2) \cdot h^\beta} \end{aligned} \quad (3)$$

Изгибающий момент в произвольном сечении жесткой сваи от лобового сопротивления грунта определяется по формуле:

$$\begin{aligned} M_l(x) &= \int_0^x q_l(z)(x-z) dz = \\ &= \int_0^x \left[-K_h Y_0 \left(\frac{z}{h} \right)^\beta + K_h \theta_0 \cdot \frac{z^{\beta+1}}{h} \right] (x-z) dz = \\ &= -K_h Y_0 \cdot \frac{x^{\beta+2}}{(\beta+1)(\beta+2) \cdot h^\beta} + K_h \theta_0 \cdot \frac{x^{\beta+3}}{(\beta+2)(\beta+3) \cdot h^\beta} \end{aligned} \quad (4)$$

Значения поперечных сил и изгибающих моментов в произвольных сечениях опоры от интенсивности бокового сопротивления грунта определяется следующими выражениями [2]:

$$\begin{aligned} Q_b(x) &= \int_0^x q_b(z) dz = \\ &= \int_0^x [2\theta_0 \xi \gamma z^2 \operatorname{tg} \phi - 2(Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c)z - 2Y_0 c] dz = \\ &= 2x \left[\theta_0 \xi \gamma \frac{x^2}{3} \operatorname{tg} \phi - (Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c) \frac{x}{2} - Y_0 c \right] \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} M_b(x) &= \int_0^x q_b(z)(x-z) dz = \\ &= \int_0^x [2\theta_0 \xi \gamma z^2 \operatorname{tg} \phi - 2(Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c)z - 2Y_0 c] \times \\ &\quad \times (x-z) dz = \\ &= x^2 \left[\theta_0 \xi \gamma \frac{x^2}{3} \operatorname{tg} \phi - \frac{1}{3}(Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c)x - Y_0 c \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Для определения неизвестных начальных параметров Y_0 и θ_0 , воспользуемся следующими двумя условиями равновесия относительно точки B_l :

$$\left\{ \begin{aligned} \sum M_{B_l} &= M_0 + Q_0 h + N h \theta_0 + q_G \frac{h^2}{2} \theta_0 + M_A(h) + M_b(h) = \\ &= M_0 + Q_0 h + N h \theta_0 + q_G \frac{h^2}{2} \theta_0 - K_h Y_0 \cdot \frac{h^2}{(\beta+1)(\beta+2)} + \\ &\quad + K_h \theta_0 \cdot \frac{h^3}{(\beta+2)(\beta+3)} + h^2 \left[\theta_0 \xi \gamma \frac{h^2}{3} \operatorname{tg} \phi - \frac{1}{3}(Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c)h - Y_0 c \right] = 0; \\ \sum Q_{B_l} &= Q_0 + Q_l(h) + Q_b(h) = Q_0 - K_h Y_0 \cdot \frac{h}{\beta+1} + K_h \theta_0 \cdot \frac{h^2}{\beta+2} + \\ &\quad + 2h \left[\theta_0 \xi \gamma \frac{h^2}{3} \operatorname{tg} \phi - (Y_0 \xi \gamma \operatorname{tg} \phi - \theta_0 c) \frac{h}{2} - Y_0 c \right] = 0. \end{aligned} \right. \quad (7)$$

Решая системы уравнений (7), находим значения Y_0 и θ_0 :

$$Y_0 = \frac{BQ_0 - D(M_0 + Q_0 h)}{AD - BC}; \quad \theta_0 = \frac{C(M_0 + Q_0 h) - AQ_0}{AD - BC}, \quad (8)$$

где:

$$\begin{cases} A = -\frac{K_h h^2}{(\beta+1)(\beta+2)} - h^2 \left(\frac{1}{3} \gamma \xi h \operatorname{tg} \varphi + c \right); \\ B = Nh + \frac{K_h h^3}{(\beta+2)(\beta+3)} - h^2 \left(\xi \gamma h^2 \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{3} ch + \frac{1}{2} q_G \right); \quad q_G = \frac{G}{h} \\ C = -\frac{K_h h}{\beta+1} - h(\xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + 2c); \\ D = \frac{1}{\beta+2} K_h h^2 + 2h \left(\frac{1}{3} \xi \gamma h^2 \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{2} ch \right). \end{cases} \quad (9)$$

G и h – вес и длина свайной опоры.

При известных значениях параметров Y_0 и θ_0 , глубина точки с нулевым перемещением опоры (рис. 1), согласно выражениям (8) принимает следующий вид:

$$h_0 = \frac{Y_0}{\theta_0} = \frac{BQ_0 - D(M_0 + Q_0 h)}{C(M_0 + Q_0 h) - AQ_0}. \quad (10)$$

Для определения значения продольной критической силы детерминанты системного управления

$$\begin{cases} AY_0 + B\theta_0 = -M_0 - Q_0 h; \\ CY_0 + D\theta_0 = -Q_0. \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} N_{кр} = \frac{\beta+1}{K_h + (\beta+1)(\xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + 2c)} & \cdot \left[\frac{K_h h^2}{\beta+2} \cdot \left(\frac{K_h}{(\beta+1)(\beta+2)} + \frac{\frac{1}{3} \xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{2} c}{\beta+1} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{3} \xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + c \right) + 2h^2 \left(\frac{1}{3} \xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + c \right) \left(\frac{1}{3} \xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{2} c \right) - \frac{K_h h^2}{(\beta+2)(\beta+3)} \times \right. \\ & \left. \times \left(\frac{K_h}{\beta+1} + \xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + 2c \right) - h \left(\xi \gamma h^2 \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{3} ch + \frac{1}{2} q_G \right) \left(\frac{K_h}{\beta+1} + \xi \gamma h \operatorname{tg} \varphi + 2c \right) \right] \end{aligned} \quad (14)$$

В частном случае, если интенсивность бокового сопротивления грунта $q_b(x)=0$ и параметр нелинейности $\beta=0$, тогда выражения для критической силы согласно (14) примет вид:

$$N_{кр} = \frac{1}{12} K_h h^2 - 0,5G. \quad (15)$$

Если также в этом случае параметр нелинейности будет $\beta=1$, то тогда:

$$N_{кр} = \frac{1}{36} K_h h^2 - 0,5G. \quad (16)$$

Если параметр нелинейности $\beta=2$:

$$N_{кр} = \frac{1}{80} K_h h^2 - 0,5G. \quad (17)$$

Предложенная методика позволяет определить значения горизонтальных перемещений общего сопротивления грунта, глубину точки с нулевым перемещением опоры, изгибающих моментов и перерезывающих сил в произвольных сечениях опоры, а также продольной критической силы.

Составленные из коэффициентов при неизвестных начальных параметрах (Y_0 и θ_0) приравниваем к нулю:

$$\begin{vmatrix} A; & B \\ C; & D \end{vmatrix} = 0 \quad (12)$$

С учетом принятых обозначений (9) раскрывая детерминант (12), получим:

$$AD - BC = 0. \quad (13)$$

Согласно этому выражению

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Снитко Н.К., Снитко А.Н. Расчет жестких и гибких опор, защемленных в грунт при одновременном действии горизонтальных и вертикальных нагрузок // Основания, фундаменты и механика грунтов. М.. 1967. №3. с.3-5.
2. Мустафаев А.А., Мамедов К.М. К вопросу расчета опор морских нефтепромысловых сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. М.. 1969. №6. С.3-6.
3. Сафарова Н.А. К вопросу выбора модели грунтового основания для свай глубокого заложения. Сборник научных трудов факультета "ВХС и Экологии". №4. Баку. 2000. С.139-141.
4. Мамедов К.М., Гасанова С.М., Мурсалов А.А. Расчет двухступенчатой бурозаливной сваи в однородной грунтовой среде. Сборник научных трудов

факультета "ВХС и Экологии". №4, Баку. 2000. С.147-151.

5. Наджафова Л.Р. Расчет опор глубокого заложения в двухслойной грунтовой среде. Сборник научных трудов факультета "ВХС и Экологии". №4. Баку. 2000. С.160-164.

6. Бровко И. С. Расчет деформаций оснований промышленных сооружений и гражданских зданий при взаимном влиянии фундаментов // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 5. С. 53-54.

7. Мамедов К.М., Асланов Б.М. К вопросу расчета жестких опор, в грунтовой среде при действии горизонтальных и вертикальных нагрузок // Экология и водные хозяйство. №5(41), Баку. 2012., С. 69-72.

8. Абовский Н. П., Сиделев В. А. Об эффективности применения пространственных фундаментных платформ, особенно на слабых грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 2. С. 47-48.

Ганджунцев М.И., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный строительный университет
Кондратенко В.Е., канд. техн. наук, доц.
Московский институт стали и сплавов

МЕТОДИКА И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЛЕСОВ ОПАЛУБКИ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

opp@mgsu.ru

В настоящее время в процессе проектирования различных общественных и жилых зданий и сооружений наметилась стойкая тенденция к использованию монолитного железобетона для перекрытия пролетов, имеющих в плане значительные размеры, с помощью конструкций часто со сложной геометрической структурой. В статье предпринята попытка создать методику оценки оптимальности применяемых конструкций лесов при изготовлении монолитных перекрытий, используя для этого классические подходы сопротивления материалов и строительной механики, с целью оптимизации расхода применяемых материалов, выявления реальных «шагов» стоек по горизонтали и вертикали при соблюдении требований к таким конструкциям по прочности и устойчивости. Выбор средств подмащивания (в большинстве своем зарубежных производителей) производится по различного рода фирменным каталогам и справочным материалам. При этом во многих случаях отмечается перерасход дорогостоящих импортных средств для изготовления лесов под монолитную опалубку вышеуказанных конструкций перекрытий, связанный с неоптимальными шагами стоек лесов по горизонтали и их развязки в вертикальном направлении.

Ключевые слова. Средства подмащивания, монолитная опалубка, шаг лесов по горизонтали и вертикали, удельная нагрузка на стойку, допустимая нагрузка на квадратный метр, толщина перекрытия.

Введение. В настоящее время в процессе проектирования различных общественных и жилых зданий и сооружений наметилась стойкая тенденция к использованию монолитного железобетона для перекрытия пролетов, имеющих в плане значительные размеры, с помощью конструкций часто со сложной геометрической структурой.

Выбор средств подмащивания в этих случаях (в большинстве своем зарубежных производителей) производится по различного рода фирменным каталогам и справочным материалам. При этом во многих случаях, по нашему мнению, отмечается перерасход дорогостоящих импортных средств для изготовления лесов под монолитную опалубку вышеуказанных конструкций перекрытий, связанный с неоптимальными шагами стоек лесов по горизонтали и их развязки в вертикальном направлении. Кроме того, отмечается использование в качестве стоек труб с завышенными относительно оптимальных величин диаметрами.

Ниже нами предпринята попытка создать методику оценки оптимальности применяемых конструкций лесов при изготовлении монолитных перекрытий, используя для этого классические подходы сопротивления материалов и строительной механики, с целью оптимизации расхода применяемых материалов, выявления реальных «шагов» стоек по горизонтали и вер-

тикали при соблюдении требований к таким конструкциям по прочности и устойчивости.

Методика расчета.

1. СБОР НАГРУЗОК

Проведем сбор нагрузок на отдельно взятую стойку лесов опалубки монолитного перекрытия. Собирая нагрузку на отдельно взятую стойку, принимаем грузовую площадь, ограниченную половиной пролета перекрытия с каждой от неё стороны (рис. 1). В результате получаем величину усилия, действующего на рассматриваемую стойку:

$$N = S \cdot L^2 \quad (1)$$

или

$$N = \Delta \cdot \gamma \cdot L^2, \quad (2)$$

где S – удельный вес плиты перекрытия, кг/м^2 ; Δ – толщина плиты перекрытия, м; γ – объемный вес материала перекрытия, кг/м^3 ; L – шаг стоек, м.

При этом очевидно, что крайние стойки воспринимают нагрузку, равную $N/2$, а угловые стойки – $N/4$.

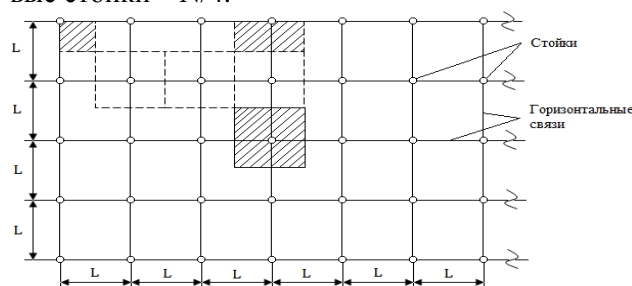


Рис. 1. Сбор нагрузок

Графики зависимости величины усилий, приходящихся на промежуточную стойку N , в зависимости от величины пролета L при различных значениях удельного веса плиты перекрытия S и её толщины Δ приведены на рис. 2.

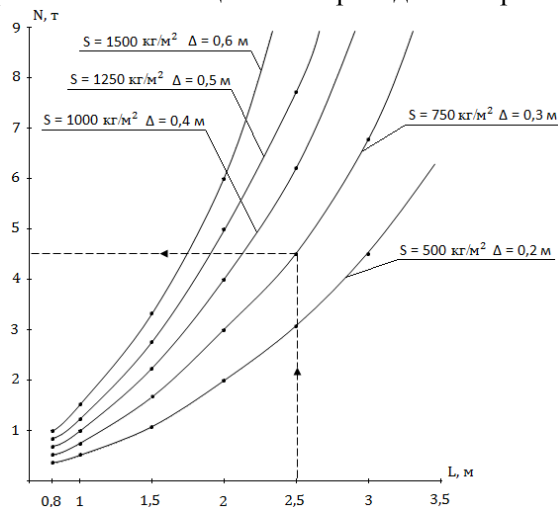


Рис. 2. Графики зависимости величины усилий

2. Подсчет допускаемых усилий, приходящихся на стойки лесов монолитного перекрытия.

При узловой передаче вертикальной нагрузки N на стойку лесов жесткие узлы пространственной конструкции при расчете внутренних усилий могут быть заменены на шарнирные [1].

При этом несущая способность конструкции обуславливается устойчивостью шарнирно-закрепленного элемента стойки, длиной h , где h – «шаг» лесов по вертикали. В реальной же конструкции узел имеет иное – фланцевое или клиновое соединение – и не является абсолютно жестким, что идет в запас при определении критической силы при расчете стоек на устойчивость.

В практике проектирования металлических конструкций принят расчет сжатых стоек по коэффициенту снижения допускаемого напряжения [2].

Величина допускаемого критического напряжения в стойке по устойчивости

$$[\sigma_y] = \varphi \cdot [\sigma_c], \quad (3)$$

где φ – коэффициент снижения допускаемых напряжений, зависящий от гибкости стойки λ ; $[\sigma_c]$ – допускаемое напряжение материала стойки на сжатие.

Допускаемое сжимающее усилие, действующее на стойку

$$[N] = [\sigma_y] \cdot A, \quad (4)$$

где A – площадь сечения стойки.

Коэффициент снижения допускаемых напряжений φ определен с таким расчетом, чтобы был перекрыт наблюдаемый на опыте разброс предельных нагрузок. Коэффициент φ зависит от гибкости стойки

$$\lambda = \frac{\mu l}{i}, \quad (5)$$

где $l = h$ – длина участка стойки (расстояние между узлами); i – радиус инерции сечения стойки; μ – коэффициент приведения длины, зависящий от условий закрепления концов стойки.

Радиус инерции сечения стойки:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}, \quad (6)$$

где $J = \frac{\pi}{64} \cdot (D_H^4 - D_B^4)$ – момент инерции сечения; $A = \frac{\pi}{4} \cdot (D_H^2 - D_B^2)$ – площадь сечения стойки; D_H – наружный диаметр стойки; D_B – внутренний диаметр стойки.

Для шарнирного закрепления концов участка стойки $\mu = 1$ (что идет в запас при расчете на устойчивость, т.к. для других условий закрепления $\mu < 1$).

Зависимость коэффициента сжимающих напряжений φ от гибкости стойки λ для углеродистых сталей (Ст3, Ст2, Ст4) представлена в таблице 1 (для справки приведено соответствие гибкости стойки λ длине участка стойки между горизонтальными связями h для трубы $D_{нар} = 59$ мм) [2]:

Таблица 1

Зависимость коэффициента φ от гибкости стойки

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
φ	1	0,99	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,81	0,75	0,69	0,60	0,52	0,45	0,40	0,36
h (см)	-	-	-	60	80	100	120	140	160	180	200	220	-	-	-

График зависимости величины коэффициента φ от гибкости участка стойки λ (длиной h) представлен на рис. 3 а.

Допускаемое сжимающее усилие в стойке:

$$[N] = [\sigma_y] \cdot A = [\sigma_T] \cdot \varphi \cdot A \quad (7)$$

Допускаемое напряжение материала стойки

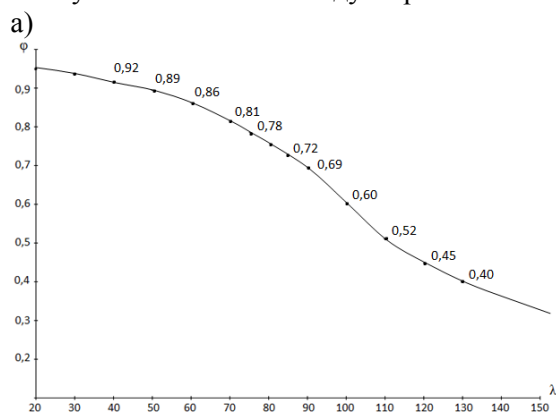
[3]

$$[\sigma_T] = \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_f}, \quad (8)$$

где $R_y = 2200$ кг/см² – расчетное сопротивление при сжатии для стальных труб из стали ВСт3; $\gamma_c = 0,95$ – коэффициент условий работы [3]; $\gamma_f = 1,2$ – коэффициент надежности [4];

$$[\sigma_T] = \frac{2200 \cdot 0,95}{1,2} = 1742 \text{ кг/см}^2$$

На рис. 3,б приведена зависимость величины допускаемого усилия на стойку [N] (т) от длины участка стойки между горизонталями h



(см) (вертикального «шага» лесов) применительно к стойке диаметром $D_H = 59$ мм.

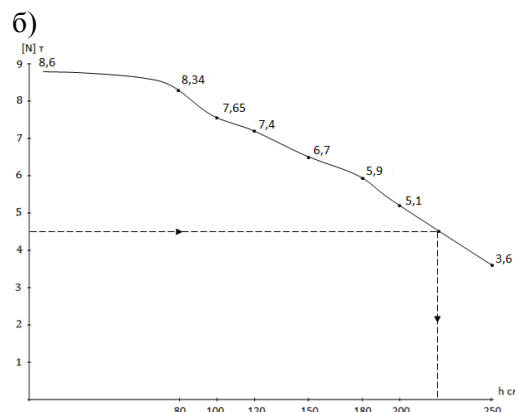


Рис. 3. Графики зависимости величин коэффициента ϕ и допускаемого усилия на стойку

3. Примеры расчета.

Для иллюстрации предложенного подхода к расчету лесов для опалубки монолитных перекрытий приведем примеры расчета.

Пример 1.

Задано: толщина плиты перекрытия- $\Delta = 0,3$ м. Используя данные графика на рис. 2 или формулу (2), для выбранного шага стоек $L = 2,5$ м определяем нагрузку на стойку $N = 4,5$ т. По допустимой нагрузке $[N] = 4,5$ т (рис. 4) определяем шаг горизонтальных связей $h = 220$ см.

Приравняв, например, шаг $L = 3$ м, определим по рис.2 нагрузку на стойку $N = 6,75$ т. По этой нагрузке (рис. 4) найдем шаг горизонтальных связей по высоте $h = 150$ см.

При расчете стоек объемных лесов, имеющих значительную высоту H , следует учитывать нагрузку, действующую на нижнюю секцию, не только от веса плиты перекрытия, но и от собственного веса вышележащих секций лесов. То есть, из допустимой нагрузки N следует вычесть вес вышележащей части лесов:

$$G = (h \cdot G_{\text{ст}} + 2L \cdot G_{\text{гор}})n + 2L \cdot G_{\text{гор}}, \quad (11)$$

Пример 2.

Произведем расчет объемных лесов для следующих исходных данных.

1. Стойка: Труба $D_H = 5,9$ см, $D_B = 5,50$ см ($\delta = 2$ мм)

Горизонталь: Труба $D_H = 4,8$ см, $D_B = 4,26$ см ($\delta = 2,7$ мм)

2. Стойка: Труба $D_H = 4,8$ см, $D_B = 4,26$ см ($\delta = 2,7$ мм)

Горизонталь: Труба $D_H = 4,8$ см, $D_B = 4,26$ см ($\delta = 2,7$ мм)

Материал - Ст3, $R_y = 2200$ кг/см².

Допускаемое напряжение:

$$[\sigma_T] = R_y \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_f} = \frac{2200 \cdot 0,95}{1,2} = 1742 \text{ кг/см}^2.$$

Величины допустимых усилий в стойках в зависимости от вертикального шага лесов, а также их геометрические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2

Допустимые величины усилий в стойках

Вариант	A см ²	J см ⁴	i см	h м	λ	ϕ	[N] = $[\sigma_T] \cdot \phi \cdot A$ кг
1 $D_{\text{ст}} = 59$	3,58	14,56	2,02	0,5	24,6	0,951	5930
				1	49,5	0,89	5550
				1,5	47,25	0,785	4895
				2	99	0,60	3742
2 $D_{\text{ст}} = 48$	3,84	9,89	1,6	0,5	31,25	0,938	6271
				1	62,5	0,847	5669
				1,5	93,7	0,656	4390
				2	125	0,425	2843

В таблице 3 приведены данные расчета допускаемой удельной нагрузки от перекрытия S

(кг/м²) и толщины перекрытия Δ (м) при удельном весе плиты перекрытия $\gamma = 2500$ кг/м³ в за-

висимости от параметров лесов: L – расстояния между стойками; h – расстояния между горизонтальными связями, равного 1,5 м.

Таблица. 3

Данные расчета допускаемой удельной нагрузки

1	2	3	4	5	6
1,5	1,5	4895/1,96	2175/0,87	1234/0,49	783/0,31
	3	4869/1,95	2159/0,86	1212/0,485	775/0,31
	9	4828/1,93	2136/0,85	1196/0,480	762/0,30
	15	4787/1,92	2112/0,845	1180/0,47	750/0,30
	21	4746/1,90	2089/0,83	1164/0,46	738/0,29
	30	4685/1,87	2054/0,82	1140/0,456	720/0,288
	39	4624/1,85	2019/0,80	1115/0,44	700/0,28

Заключение.

Допускаемая удельная нагрузка на промежуточную стойку лесов рассчитана с суммарным нормативным коэффициентом запаса $n = 1,26$ (напряжение в стойке равно $[\sigma] = 1742 \text{ кг/см}^2$).

Учитывая определенную идеализацию расчетной схемы, неточность изготовления и сборки элементов лесов, дефекты материала, опыт применения аналогичных конструкций коэффициент запаса n может быть увеличен. При этом допускаемая удельная нагрузка и толщина перекрытия уменьшается пропорционально увеличению коэффициента запаса.

Некоторые источники рекомендуют допускаемую нагрузку на угловые и крайние стойки уменьшать в два раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. – М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2000. С. 516-528.
2. СНиП II-23-81. Стальные конструкции. – М.: Стройиздат, 1988. С. 48-54
3. ГОСТ 24258-88. Средства подмазывания. Общие технические условия. С.87-91
4. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Изд. 12-е, стер.- С-П, М. Лань, 2010. С. 451-460.

Зинькова В.А., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ

vikzinkova@mail.ru

Исследованы рациональное расположение узлов и способ их соединения между собой в однопролетной шарнирной ферме с заданной нагрузкой. В качестве примера рассмотрим шестипанельную ферму с горизонтальным нижним поясом, нагруженную по верхнему поясу. Кроме семи его директивных узлов, задан также восьмой узел на оси симметрии, определяющий высоту фермы. Вариацию топологии ограничиваем 22 узлами, расположенными на вертикальных линиях, служащих границами панелей. В каждой панели предполагаем наличие одного восходящего (нисходящего) раскоса. Оптимизация ведется на основе вариационного принципа структурного синтеза. В случае однородного линейно-упругого материала упомянутый критерий оптимальности идентичен минимуму потенциальной энергии деформации и объему затраченного материала на ферму. По результатам исследования прослеживается тенденция сосредоточения материала в нагруженных узлах и выявлена конструкции, которая в пределах оговоренных требований эффективно выполняет свое функциональное назначение.

Ключевые слова: топология конструкции, однопролетная шарнирная ферма, критерий оптимальности.

Введение. Структурный синтез означает создание конструкции, которая в пределах оговоренных требований эффективно выполняет функциональное назначение. Проектирование конфигурации конструкции включает определение ее топологии, геометрии и параметров элементов. Под топологией понимают предопределение узлов и способ их соединения между собой для образования геометрически неизменяемой конструкции. Если расположение узлов конструкции на этапе задания топологии может быть выбрано неопределенное, но в дальнейшем они должны занять конкретное положение и обусловить позиции элементов, то есть составить геометрию конструкции. Определение параметров элементов включает установление размеров их сечений. Самым низким уровнем постановки проектной задачи можно считать определение параметров элементов при заданной геометрии конструкции, а самым высоким – проектирование при неизвестной топологии.

К постановке такого рода проектных задач инженеры и ученые обратились лишь в последние десятилетия. К. Мажид [1] привел формулировки и доказательства трех теорем о структурных изменениях и применение их к оптимизации топологии шарнирных конструкций по массе. Принятый критерий, как известно, в лучшем случае, обеспечивает лишь локальный экстремум (минимум) в решении оптимизационной задачи.

Проектирование 25-стержневой пространственной фермы при неизвестной топологии с использованием эволюционной стратегии оптимизации рассмотрено в работе [2]. Задача рассмотрена опять-таки в рамках весовой оптимизации и имеет локальное решение.

Универсальный критерий отвечает вариационному принципу структурного синтеза профессора А.Г. Юрьева [3]: потенциальная энергия системы в положении устойчивого равновесия достигает абсолютного минимума по перемещениям в функциональном пространстве, расширенном за счет полей функций конфигурации и (или) модулей упругости материала.

Этот критерий удачно использован при оптимизации топологии одноэтажных рам [4]. Уменьшение изгибающих моментов балочных элементах рамы достигалось двумя способами: а) введением шарниров по длине элемента, б) введением стержней, создающих дополнительные опорные точки. Предрасположенность стоек к потере устойчивости снижается при уменьшении приведенной длины.

Процесс «обволакивания» материей силового поля в природных конструкциях нацеливает на аналогию с техническими системами [5]. На примере плоской двухпанельной консольной фермы показано «устремление» двух раскосов соседних панелей фермы к нагруженному узлу.

Основная часть. В настоящей работе оптимизация топологии металлических ферм проводится в рамках существующих рекомендаций их использования в промышленном и гражданском строительстве.

В качестве примера рассмотрим шестипанельную ферму (пролетом $l=6d=18м$) с горизонтальным нижним поясом. Кроме семи его директивных узлов, задан также 8-й узел на оси симметрии, определяющий высоту фермы $h=2м$. Вариацию топологии ограничиваем 22 узлами, расположенными на вертикальных линиях, служащих границами панелей. В каждой панели

предполагаем наличие одного раскоса, который может быть восходящим или нисходящим.

В результате получаем 12 типов ферм, расположенных в диапазоне от треугольной фермы до фермы с параллельными поясами (рис. 1). Четыре промежуточные фермы, по принятой терминологии, считаются фермами с полигональным верхним поясом. Нагрузка приложена в узлах верхнего пояса.

В табл. 1 даны длины стержней ℓ_i , внутренние усилия N_i , площади поперечных сечений A_i ,

минимальные радиусы инерции i_{min} . Обозначение стержней соответствует рис. 2. В целях исключения итерационного процесса при определении площадей сечений сжатых стержней коэффициент ϕ уменьшения расчетного сопротивления R для стали принимался равным 0,75. При этом учитывалось ограничение гибкости элементов пояса и решетки. Их площади поперечных сечений должны иметь соответствующие минимальные радиусы инерции.

Таблица 1

Геометрические характеристики и внутренние усилия стержней фермы

№ фермы		1				2				3			
стержни	№ стержня	ℓ , м	N , кН	A , см ²	i_{min} , см	ℓ , м	N , кН	A , см	i_{min} , см	ℓ , м	N , кН	A , см	i_{min} , см
н. пояс	1-2	3	794.3	33.1		3	441.3	18.4		3	353.0	14.7	
	2-3	3	635.5	26.5		3	529.6	22.1		3	485.6	20.2	
	3-4	3	476.6	19.9		3	476.6	19.9		3	476.6	19.9	
стойки	1-8					0.8	-35.3	1.96	1.11	0.8	-35.3	1.96	1.11
	2-10	0.67	-70.6	0.0	0.9	1.2	47.1	1.96		1.50	77.1	3.21	
	3-11	1.33	-105.9	5.9	1.8	1.6	-35.3	1.96	2.22	1.75	-6.0	0.33	2.43
	4-12	2	0.0	0.0		2	0.0			2	0.0		
раскосы	1-10					3.23	-475.3	26.4	4.49	3.35	-394.7	21.9	4.65
	2-11	173.8	3.28	0.1		3.4	-100.0	5.56	4.72	3.47	-153.3	8.52	4.82
	3-12	190.9	3.61	0.2		3.61	63.6	2.65		3.61	10.8	0.45	
в. пояс	8-10	3.07	-813.7	45.2	4.3	3.03	0.0			3.08	0.0		
	10-11	3.07	-813.7	45.2	4.3	3.03	-445.2	24.7	4.21	3.01	-354.2	19.7	4.18
	11-12	3.07	-651.0	36.2	4.3	3.03	-534.2	29.7	4.21	3.01	-487.3	27.1	4.18
№ фермы		4				5				6			
н. пояс	1-2	3	353.0	14.7		3	264.8	11		3	264.8	11	
	2-3	3	453.1	18.9		3	423.6	17.7		3	423.7	17.7	
	3-4	3	476.6	19.9		3	476.6	19.9		3	476.6	19.9	
стойки	1-8	0.8	-35.3	1.96	1.11	0.8	-35.3	1.96	1.11	2	-35.3	1.96	2.78
	2-10	1.5	62.4	2.6		2	105.9	4.41		2	105.9	4.41	
	3-11	1.87	15.7	0.65		2	35.3	1.47		2	35.30	1.47	
	4-12	2	0.0			2	0.0			2	0.0		
раскосы	1-10	3.35	-394.7	21.9	4.65	3.61	-318.2	17.7	5.01	3.61	-318	17.7	5.01
	2-11	3.56	-117.9	6.55	4.94	3.61	-190.9	10.6	5.01	3.61	-191	10.6	5.01
	3-12	3.61	-28.2	1.57	5.01	3.61	-63.6	3.54	5.01	3.61	-63.7	3.54	5.01
в. пояс	8-10	3.08	0			3.23	0.0			3	0.0		
	10-11	3.02	-355.7	19.8	4.19	3	-264.8	14.7	4.17	3	-264.8	14.7	4.17
	11-12	3	-453.5	25.2	4.17	3	-423.6	23.5	4.17	3	-424	23.5	4.17

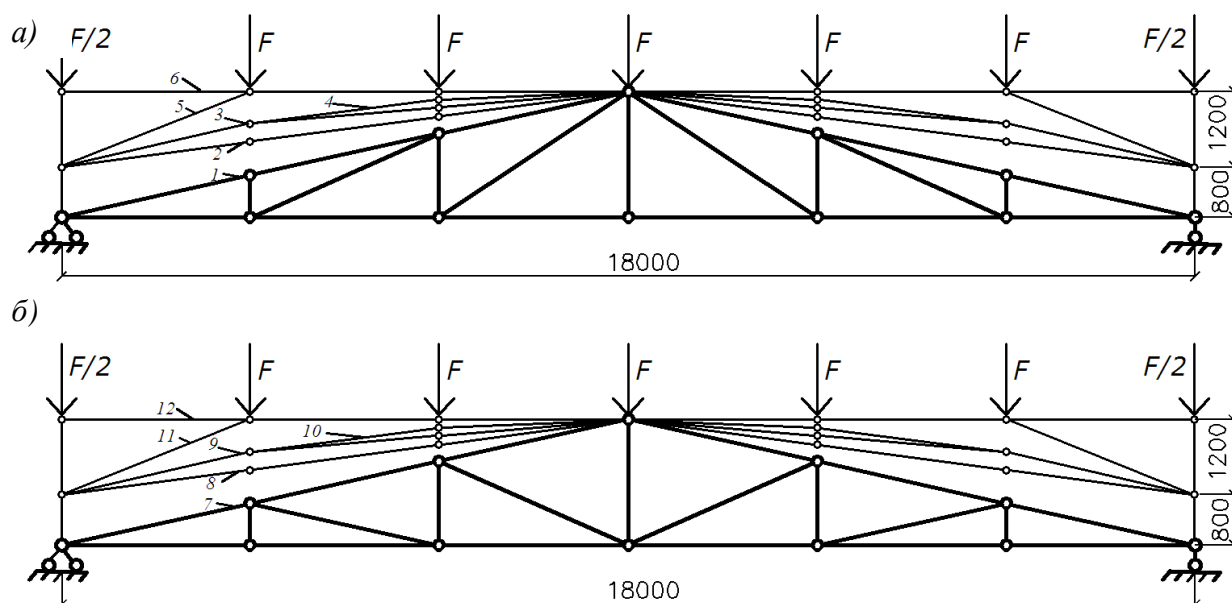


Рис.1. Варианты фермы при вариации топологии: а – с восходящими раскосами, б – с нисходящими раскосами

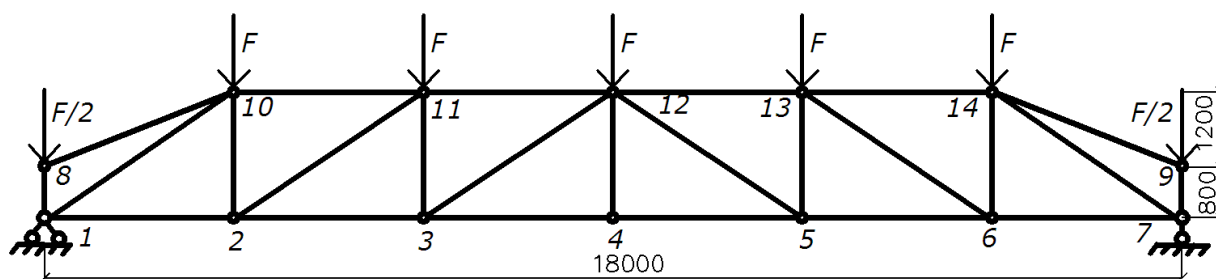


Рис. 2. Нумерация узлов, распространяющаяся на все варианты ферм (в треугольной ферме 4 стержня отсутствуют)

В случае однородного линейно-упругого материала упомянутый критерий оптимальности идентичен минимуму потенциальной энергии деформации

$$J = \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2 \ell_i}{2E\varphi_i^2 A_i}, \quad (1)$$

где n – число стержней, имеющих длину ℓ_i , E – модуль продольной упругости.

Объем материала (без учета узловых соединений):

$$V = \sum_{i=1}^n A_i \ell_i \quad (2)$$

В табл. 2 представлены значения J и V для рассмотренных ферм. Они превышают показатели для соответствующих ферм с восходящими раскосами. По приведенным показателям преимущество имеют фермы с восходящими раскосами, за исключением фермы 1, по сравнению с

которой ферма 7 имеет преимущество в пределах 1,7%.

Таблица 2

Потенциальная энергия и объем материала

№ фермы	J , Дж	V , м ³	№ фермы	J , Дж	V , м ³
1	389.8	0.137	7	383.4	0.136
2	263.7	0.093	8	272.9	0.095
3	235.9	0.083	9	238.6	0.084
4	228.7	0.081	10	231.6	0.082
5	219.6	0.078	11	222.6	0.079
6	220.9	0.078	12	240.3	0.079

Выводы. При нагрузке по верхнему поясу экономическое преимущество имеют фермы с восходящими раскосами. Из них наиболее экономичной является ферма 5. С точки зрения статики это явилось результатом расположения большинства стержней верхнего пояса на уровне высоты фермы. Помимо этого, вариант 6 проиг-

рывает в отношении устойчивости сжатых стержней 1-8 (7-9), примыкающих к опорному узлу.

Незначительное изменение величин J и V для рассмотренных ферм за счет конструктивного обеспечения «нулевых» стержней, а также их узловых соединений не меняет представленных выводов.

Оптимизация топологии металлических ферм была бы относительной без совершенствования компоновки узловых соединений, о чем говорится в работе [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мажид К.И. Оптимальное проектирование конструкций / К.И. Мажид. М.: Высшая школа, 1979. 238 с.
2. Grill H. Ein objektorientiertes Programmiersystem zur diskret-kontinuierlichen Strukturoptimierung mit verteilten Evolutionsstrategien // Fortschr. – Ber. VDI Reihe 10. Dusseldorf: VDI Verlag, 1998. - № 529. 179 S.
3. Юрьев А.Г. Строительная механика: синтез конструкций. М.: изд. МИСИ, 1982. 100с.
4. Юрьев А.Г., Нужный С.Н. Оптимизация топологии однопролетных одноэтажных рам // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С 742-746.
5. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации топологии конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №5. С. 46-48.
6. Зинькова В.А. Методика экспериментальных исследований узловых соединений трубчатых элементов фермы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 50-52.

¹Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,¹Кара К.А., канд. техн. наук, ст. препод.,²Малюкова М.В., начальник участка,¹Ядыкина В.В., д-р техн. наук, проф.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²ООО «БЗ АрБет»

НАНОМАСШТАБНАЯ СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ ПЛИТ БЕТОННЫХ ТРОТУАРНЫХ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Представлено комплексное влияние параметров вибропрессования на макро-, микро- и наномасштабную структурную организацию полифункциональной матрицы плит бетонных тротуарных. С использованием математического аппарата установлены оптимальные значения продолжительности основной вибрации, величины прессующего давления и момента приложения прессующего давления от начала вибрации и их влияние на эксплуатационные свойства плит бетонных тротуарных с полифункциональной матрицей.

Ключевые слова: параметры вибропрессования, плиты бетонные тротуарные, полифункциональная матрица

В настоящее время широкое распространение получили плиты бетонные тротуарные, изготовленные методом полусухого вибропрессования, промышленное изготовление которых организовано на автоматизированных производственных линиях.

Высокие конструктивные, эксплуатационные и декоративные качества, ремонтная пригодность в сочетании с экологической безопасностью делают плиты бетонные тротуарные лучшим вариантом благоустройства территорий с высокими темпами строительства и с эстетическими преимуществами [1–7].

Однако, для того, чтобы готовая продукция на выходе полностью удовлетворяла всем предъявляемым к ней требованиям и характеристикам по прочности, плотности, морозостойкости и архитектурной выразительности, необходимо оптимизировать процесс производства на каждом технологическом этапе.

Основным технологическим этапом при производстве плит бетонных тротуарных является вибропрессование, заключающееся в укладывании в форму и равномерном уплотнении виброобработкой бетонной смеси, которая подвергается прессованию при давлении, обеспечивающем дальнейшее принудительное уплотнение в результате вытеснения или уменьшения в объеме вовлеченного воздуха и вытеснения несвязанной воды из бетонной смеси.

Явления, протекающие при вибропрессовании бетонной смеси описаны методами, представленными в вибрационной механике и виброреологии, основные положения которых изложены в трудах И.И. Блехмана [8], Б.Н. Урьева [9], Г.Ю. Джанелидзе, П.А. Ребиндера [10],

И.Ф. Гончаревича [11] и др. Данные исследования являлись основой для разработки эффективных режимов вибропрессования бетонных смесей и технологического оборудования для их реализации.

Методика исследования совместного применения интенсивного направленного вибрирования и дополнительного прессующего давления в процессе вибропрессования жестких бетонных смесей предусматривает выявление момента укладывания пригруза на поверхность обрабатываемой бетонной смеси и правильный выбор величины прессующего давления на формируемую бетонную смесь.

Основной задачей при подборе параметров вибропрессования является оптимизация совместного действия прессующего давления и параметров вибрационного воздействия.

При вибропрессовании жестких бетонных смесей должен быть обеспечен оптимум сил пригруза и вибрации, создающих с одной стороны условия для относительного вибрационного движения и переукладки составляющих, а с другой, обеспечивающих дополнительное прессующее давление, совпадающее с направлением действия сил тяжести [12].

Для оптимизации режима производства вибропрессованной плиты бетонной тротуарной использован математический аппарат, позволяющий провести комплексный анализ влияния исследуемых факторов (продолжительности основной вибрации, величины прессующего давления момента приложения прессующего давления от начала вибрации) на выходные параметры (среднюю плотность и прочность на сжатие).

В качестве варьируемых независимых технологических факторов были назначены: продолжительность основной вибрации (X_1);

величина прессующего давления (X_2) и момент приложения прессующего давления от начала вибрации (X_3). В качестве контролируемых параметров были выбраны: средняя плотность

свежеотформованных изделий ($\rho_{\text{св. изд}}$) и прочность на сжатие плит ($R_{\text{сж}}$).

Выбранные технологические факторы были исследованы в пределах, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Фактор		Уровень варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	код. вид	- 1	0	+1	
Продолжительность основной вибрации, с	X_1	2,0	2,4	2,8	0,4
Величина прессующего давления, МПа	X_2	0,1	0,15	0,2	0,05
Момент приложения прессующего давления от начала вибрации, с	X_3	0,4	0,6	0,8	0,2

Факторы, не вошедшие в план эксперимента, приняты постоянными.

Исследования проведены по трехуровневому плану [13], экспериментальные данные которого представлены в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования и экспериментальные данные

№ п/п	Фактор			$\rho_{\text{св. изд.}}$, кг/м ³	$R_{\text{сж. 28}}$, МПа
	X_1	X_2	X_3		
1	+1	+1	+1	2300	54,5
2	+1	+1	-1	2315	55,6
3	+1	-1	+1	2290	53,6
4	+1	-1	-1	2280	50,4
5	-1	+1	+1	2285	49,6
6	-1	+1	-1	2274	45,7
7	-1	-1	+1	2265	43,5
8	-1	-1	-1	2260	42,3
9	+1	0	0	2340	57,4
10	-1	0	0	2300	54,7
11	0	+1	0	2280	49,6
12	0	-1	0	2310	55,0
13	0	0	+1	2330	56,5
14	0	0	-1	2370	62,0
15	0	0	0	2350	58,0
16	0	0	0	2345	58,0
17	0	0	0	2350	58,2

Для получения математических моделей, отражающих связь между выходными параметрами (средней плотностью и

прочностью на сжатие) и основными факторами (продолжительностью основной вибрации, величиной прессующего давления и моментом приложения прессующего давления от начала вибрации), была проведена статистическая обработка экспериментальных данных, рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии для средней плотности и прочности на сжатие. Адекватность уравнений оценивалась по критерию Фишера

Получены математические модели средней плотности свежеотформованных изделий и прочности на сжатие в возрасте 28 сут вибропрессованных плит бетонных тротуарных от исследуемых факторов:

$$\begin{cases}
 \text{— для средней плотности:} \\
 \rho_{\text{св. изд}} = 2350 + 14,1 \cdot X_1 + 4,9 \cdot X_2 - 2,9 \cdot X_3 - \\
 - 24,1 \cdot X_1^2 - 49,1 \cdot X_2^2 + 5,8 \cdot X_3^2 + 1,3 \cdot X_1 \cdot X_2 - \\
 - 2,6 \cdot X_1 \cdot X_3 + 2,3 \cdot X_2 \cdot X_3, \\
 \text{— для прочности на сжатие:} \\
 R_{\text{сж}}^{28} = 58,6 + 3,5 \cdot X_1 + 1,02 \cdot X_2 + 0,17 \cdot X_3 - \\
 - 2,8 \cdot X_1^2 - 6,6 \cdot X_2^2 + 0,3 \cdot X_3^2 - 0,4 \cdot X_1 \cdot X_2 - \\
 - 0,3 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,2 \cdot X_2 \cdot X_3,
 \end{cases}$$

графическая интерпретация которых представлена на рисунке 1.

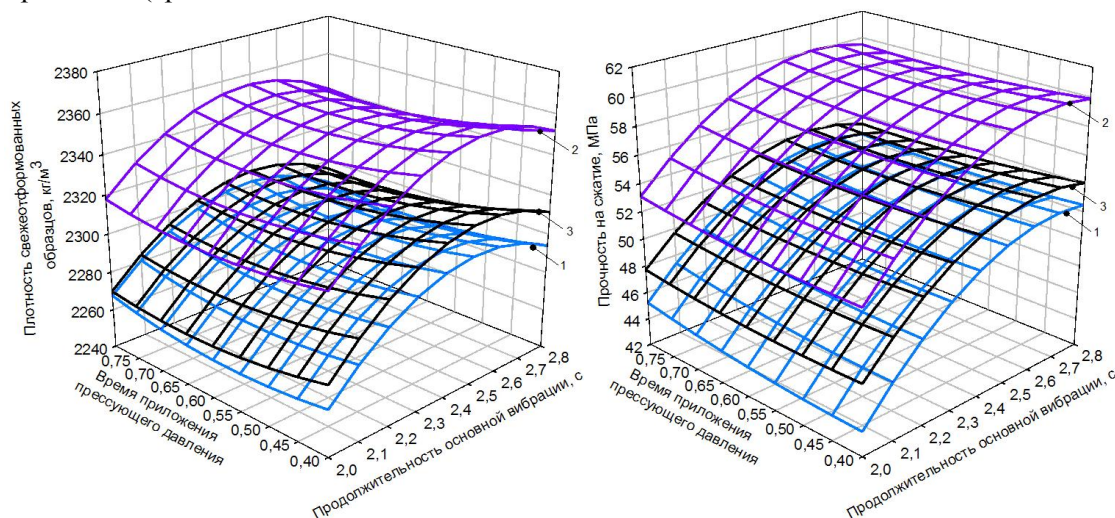


Рис. 1. Номограммы зависимостей средней плотности и прочности на сжатие вибропрессованных плит бетонных тротуарных от продолжительности основной вибрации, и момента приложения прессующего давления от начала вибрации при величине прессующего давления:

1 – 0,10 МПа; 2 – 0,15 МПа; 3 – 0,20 МПа

Адекватные уравнения регрессии позволяют прогнозировать прочность на сжатие плит бетонных тротуарных в зависимости от технологии изготовления. Предлагаемые уравнения позволяют также оценить эффект отдельных технологических переделов и определить оптимальные режимы и параметры. Оптимальные технологические параметры

вибропрессования в сочетании с рациональной гранулометрией заполнителя, модификатором и оптимальным водоцементным отношением позволяют получать вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей за счет повышенных эксплуатационных и декоративных свойств (таблица 3).

Таблица 3

Оптимальные параметры вибропрессования плит бетонных тротуарных

Параметр	Значение
Предварительная вибрация	
Частота, Гц	45
Продолжительность, с	0,5
Возмущающая сила вибраторов, Н/кг	600
Основная вибрация	
Частота, Гц	47
Продолжительность, с	2,4
Возмущающая сила вибраторов, Н/кг	650
Прессующее давление пригруза (пуансона)	
Давление, МПа	0,15
Время приложения давления	на 0,4 с основной вибрации

Исследования на РЭМ полифункциональной матрицы вибропрессованных плит бетонных тротуарных, изготовленных по оптимальным параметрам вибропрессования, показали, что в полученных изделиях наблюдается плотное сцепление частицы заполнителя с новообразованиями цементного камня, что обусловлено оптимизацией гранулометрии заполнителей, состава жестких бетонных смесей и параметров вибропрессования (рис. 2, а, б).

Контрольные изделия достаточно плотные, но с наличием отслоения гидратированного цементного камня от поверхности заполнителя (рисунок 2, в, г). Так как гранит является гетероминеральной горной породой, то в рекомендуемых составах на контактной зоне кварца наблюдается прочный монолит, поверхность зерен полностью покрыта микро- и наноразмерными новообразованиями (рис. 3), в отличие от полевого шпата, где контактная зона менее плотная, с наличием пустот.

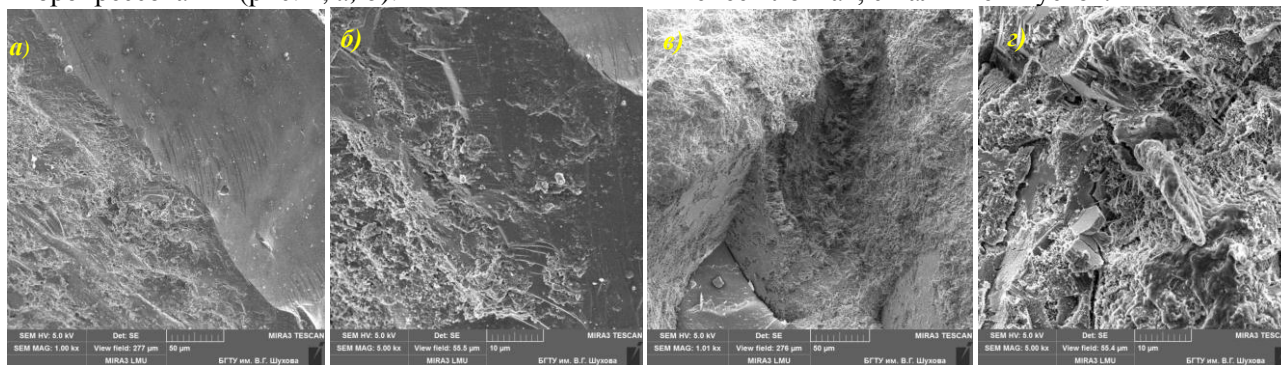


Рис. 2. Контактная зона заполнителя с цементным камнем бетона:

а, б – разработанного состава; в, г – контрольного состава

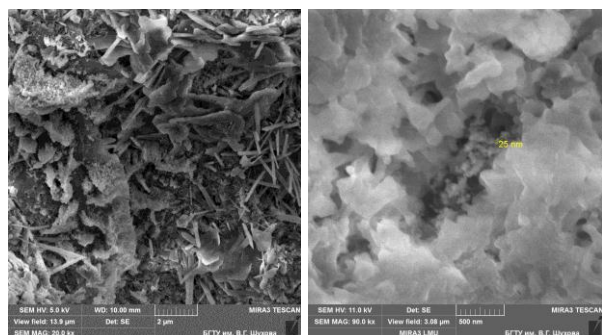


Рис. 3. Наноразмерные новообразования

Структура композита (рис. 3) – плотная, сложена новообразованиями различной морфологии поверхности. Весь массив пронизан иглообразными новообразованиями, более крупные частицы покрыты мельчайшими наноразмерными частичками округлой формы.

Рекомендуемые параметры вибропрессования позволили получить вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей с повышенными эксплуатационными характеристиками. По

сравнению с контрольными изделиями прочность на сжатие увеличилась в 1,5 раза, морозостойкость – в 2 раза, водопоглощение

снизилось в 2,3 раза, истираемость – в 3 раза и, в целом, повысилась долговечность плит бетонных тротуарных (табл. 4).

Таблица 4

Характеристики вибропрессованных плит бетонных тротуарных с полифункциональной матрицей

Показатель	Базовый показатель по ГОСТ 17608-91	Контрольный состав	Разработанный состав
Прочность при сжатии, 1 сут, МПа	–	25,0	37,6
Прочность при сжатии, 28 сут, МПа	B30 (40,0)	B30 (42,1)	B 45 (62,0)
Водопоглощение, %	не более 6	5,5	2,4
Морозостойкость, циклы	не менее 200	200	400
Истираемость, г/см ²	не более 0,7	0,6	0,21

Комплекс технологических приемов по повышению эксплуатационных характеристик и декоративных свойств вибропрессованной плиты бетонной тротуарной, включающий обеспечение стабильности свойств жестких бетонных смесей, равномерное заполнение формы бетонной смесью и оптимизацию параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных, привел к снижению открытой пористости и формированию плотной однородной структуры полифункциональной матрицы композита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малюкова М.В. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 48–50.

2. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Высолы (выцветы) на поверхности бетонных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 28–31.

3. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Повышение качества мелкоштучных изделий за счет равномерного заполнения формы жесткой смесью // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 56-60.

4. Kharkhardin A.N., Suleymanova L.A., Kara K.A., Maluykova M.V., Kozhukhova N.I. The Determination of Topological Properties in Polydispersed Mixtures on the Results of Sieve Laser and Particle Size Analysis // World Applied Sciences Journal. 2013. № 25. Т.2. С. 347-353.

5. Сулейманова Л.А., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Сопин Д.М. Высококачественные

бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 34-37.

6. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Шакарна М.И.Х. Efficient Binding Using Composite Tuffs Of The // Middle East World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №10. С. 1286-1290.

7. Шейченко М.С., Алфимова Н.И., Попов М.А., Калатоzi В.В. Мелкоштучные изделия на основе композиционных вяжущих с использованием отходов Ковдорского месторождения // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 302-305.

8. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. М.: Наука, 1964. 412 с.

9. Урьев, Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 255 с.

10. Ребиндер, П.Л. Физико-химическая механика. М.: Знание, 1958. 64 с.

11. Гончаревич И.Ф., Фролов К.В. Теория вибрационной техники и технологии. М.: Наука, 1981. 320 с.

12. Сулейманова Л.А., Агеева М.С., Малюкова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М. Оптимизация параметров вибропрессования плит бетонных тротуарных // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 56-60.

13. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А. Компьютерное моделирование технологических задач. Белгород, 2009. 184 с.

Лукаш А.А., канд. техн. наук, доц.,
Лукутцова Н.П., д-р техн. наук, проф.
Брянская государственная инженерно-технологическая академия

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

mr.luckasch@yandex.ru

Рассмотрены теоретические основы создания новых строительных материалов из древесины, обеспечивающих комфортные условия проживания. Предложены способы получения новых экологически безопасных отделочных и теплоизоляционно-конструкционных строительных материалов и изделий из древесины, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: строительные материалы, древесина, импортозамещение, эксплуатационные характеристики, отделочные материалы, теплоизоляционные материалы, экологическая безопасность.

Введение. Среда обитания способствует повышению эмоционального психологического состояния человека, работоспособности, интеллекта, улучшения здоровья и продолжительности жизни. Для обеспечения комфортных условий проживания необходимо правильно выбрать строительные материалы. Национальная программа «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» нацеливает на обеспечение жилья комфортными условиями проживания. Бытовые удобства и благоустроенность жилищ создают комфорт, а порядок и удобство определяют уют. Этим требованиям в полной мере этим отвечает древесина, обладающая превосходными строительно-техническими характеристиками, имеющая низкую теплопроводность и способностью обмениваться влагой с окружающей средой, что обеспечивает человеку максимально благоприятные условия проживания. Красивая текстура древесины подчеркивает индивидуальность эстетичность интерьера, создает уют. Достоинством древесины также является доступность и возобновляемость ресурсов.

Вопросам теории и практики создания материалов строительного назначения из древесины и их применения в деревянном домостроении уделялось достаточно большое внимание. Однако в них рассматривались лишь отдельные виды материалов, а предлагаемые технические решения имели ограничения в применении. Для устойчивого развития экономики, обеспечения доступным и комфортным жильем граждан России требуется создание теоретической базы и обоснованных методологических подходов при разработке новых строительных материалов и изделий.

Методология. Получение конкурентоспособных, импортозамещающих строительных материалов и изделий из древесины, базируется на применении комплексного подхода, позво-

ляющего за счет учета биологических особенностей и природного строения древесины, использования энерго- и ресурсосберегающих технологий, целенаправленно регулировать структурно-технологические, экологические и эксплуатационные характеристики древесных материалов и изделий, что будет способствовать обеспечению населения России доступным и комфортным жильем, а также развитию производств с углубленной переработкой древесины.

Предложены следующие новые подходы по созданию строительных материалов из древесного сырья с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

1. Отделочные материалы. Получение строительных материалов из древесного сырья улучшенного внешнего вида, возможно за счет создания рельефного рисунка на лицевой поверхности изделий путем регулирования параметров режима склеивания (температуры плит и продолжительности выдержки под давлением).

2. Теплоизоляционно-конструкционные материалы. Получение теплоизоляционно-конструкционных материалов из древесного сырья возможно за счет снижения теплопроводности изделий из древесины различных пород и некондиционного сырья путем целенаправленного создания воздушных прослоек или ячеистой структуры в цельных изделиях или комбинированных стеновых панелях, позволяющие получать требуемое термическое сопротивление и толщину изделий для обеспечения комфортных условий проживания человека.

3. Экологически безопасные материалы. Получение экологически безопасных материалов и изделий из древесины загрязненной радионуклидами, возможно за счет управления технологическими параметрами процесса обработки обрезных пиломатериалов из необрезных путем удаления загрязненной радионуклидами краевой части для обеспечения возможности ее

использования в конструкциях, не соприкасающихся в процессе эксплуатации с человеком при допустимом уровне содержания радионуклидов.

Основная часть. При разработке новых строительных материалов необходимо учитывать биологические особенности и природное строение древесины. При этом природные свойства древесины, соответствующие эксплуатационным характеристикам (позитивные), должны быть улучшены, а другие - препятствующие повышению эксплуатационных показателей (негативные), наоборот устранены (рис. 1).

Изменение структуры перерабатываемого сырья с целью устранения дефектов строения древесины и приданию продукции необходимых эксплуатационных свойств осуществляется технологическими воздействиями, основные из которых: термическая обработка; сушка; внесение синтетических веществ в древесину; обработка давлением; термообработка (нагрев, охлаждение); окончательная (механическая) обработка; соединение с другими материалами и др. [1]. Последовательность создания новых строительных материалов и изделий из древесины заключается в выявлении недостатков существующих аналогичных материалов, в обосновании спосо-

бов устранения недостатков, выборе сырья и технологии и оценке эффективности разработки, причем все составляющие процесса создания определяются областью применения нового материала (рис. 2).

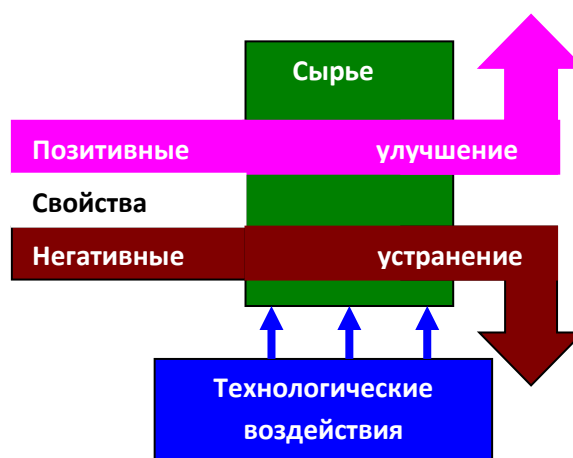


Рис. 1. Схема применения технологических воздействий для создания новых строительных материалов из древесины



Рис. 2. Процесс создания новых строительных материалов

Область использования нового материала зависит от его эксплуатационных характеристик.

Методологическая сетка процесса создания новых строительных материалов приведена в таблице 1.

При изготовлении строительных материалов из древесины применяются следующие виды технологических воздействий:

- термическая обработка водой или другими веществами для пластификации древесины;
- сушка для удаления влаги или других растворителей;
- внесение синтетических веществ в древесину (нанесение клея на поверхность, пропитка, осмоление стружки, осаждение на волокно и др.);
- обработка давлением;
- термообработка (нагрев, охлаждение);

- окончательная (механическая) обработка;
- соединение с другими материалами и др.

Технологические воздействия могут выполняться различными методами в зависимости от применяемого оборудования [2]. Нагрев пакета шпона при склеивании гнотоклееных заготовок может производиться от обогреваемых пресс-форм или с использованием токов высокой частоты.

Конструкция и технология разработанного материала должна постоянно совершенствоваться с целью улучшения его качественных характеристик, совершенствования технологических процессов или создания по его подобию лучшего материала. Также необходимо вести работу по совершенствованию конструкции необходимого технологического оборудования.

Таблица 1

**Методологическая сетка процесса создания новых строительных материалов
и изделий из древесины улучшенными эксплуатационными характеристиками**

Изделия из древесины, используемые в эксплуатации с характеристиками				
Материал-прообраз	Недостатки	Способы устранения	Полученный материал	Оценка эффективности разработки
Конструкционные материалы из древесины хвойных пород (сосна, ель)				
Оцилиндрованное бревно	Поверхностные трещины	Сушка внутренних слоев	Отсутствие трещин	Улучшение условий эксплуатации
Отделочные материалы из древесины мягколиственных пород (береза, ольха, осина)				
Фанера	Низкие декоративные свойства	Создание рельефного рисунка	Рельефная фанера	Повышение декоративных свойств
Дверная филенка	Значительный расход древесины	Склеивание из разноформатных листов шпона	Филенчатая фанера	Снижение расхода древесины в 2 -3 раза
		Применение во внутренних слоях мелких отходов	Композиционная профилированная фанера	Утилизация отходов, снижение расхода сырья
Отделочные материалы из древесноволокнистых плит и строганого шпона				
Стеновая панель	Недостаточные декоративные свойства	Создание цветного объемного рисунка на лицевой поверхности	Стеновая панель с цветным рельефом	Повышение декоративных свойств
Теплоизоляционные материалы из мягколиственной и некондиционной древесины, отходов от упаковки из гофрированного картона соответственно				
Фанера	Недостаточные теплоизоляционные характеристики	Изготовление многослойной конструкции с внутренними воздушными прослойками	Плита фанерная ячеистая	Получение экологически чистых теплоизоляционных материалов из некондиционной древесины и отходов
Брус			Ячеистая стеновая панель	
Гофрокартон	Трудность утилизации		Гофрокартонная плита	
Древесина, произрастающая на загрязненных радионуклидами территориях				
Лесоматериалы	Высокое содержание радионуклидов	Окорка и удаление наружного трех сантиметрового слоя	Обрезные пиломатериалы и оцилиндрованные бревна	Получение материалов с допустимым уровнем содержания радионуклидов

Улучшение качества продукции способствует повышению ее конкурентоспособности и увеличению спроса. Новая продукция должна иметь лучшие показатели, чем у ранее созданных видов аналогичной продукции. Изменение свойств материалов и придание новых улучшенных характеристик приводит к созданию нового более качественного материала.

Последовательность внедрения новых видов конструкционных, теплоизоляционных и отделочных древесных материалов в производство представлена на рис. 3 [3].

Совершенствование состава (конструкции) материала, способа его изготовления, применяемого оборудования и технологии должно происходить постоянно, на более высоком витке. Создание новых видов древесных материалов необходимо производить в следующей последовательности: маркетинг, патентный поиск, оформление патента, разработка и изготовление устройства, разработка технологии, изготовле-

ние опытных образцов, определение характеристик, производственные испытания, доработка технологии, разработка технических требований и сертификация, определение рынка сбыта, подготовка производства, серийный выпуск продукции, реализация продукции и маркетинг.

В современном производстве требуется расширение ассортимента выпускаемой продукции, создание материалов с новыми свойствами, которые были бы востребованы потребителями. Вновь разрабатываемая продукция должна иметь определенные качественные показатели. Качественную продукцию невозможно изготовить без всестороннего изучения рынка. Маркетинг должен быть первым этапом в разработке продукции. Необходимо изучить потребности рынка, где будет реализовываться продукция, установить требуемые ее характеристики. Для успешной работы предприятие должно производить материалы, которые будут востребованы и смогут найти применение.

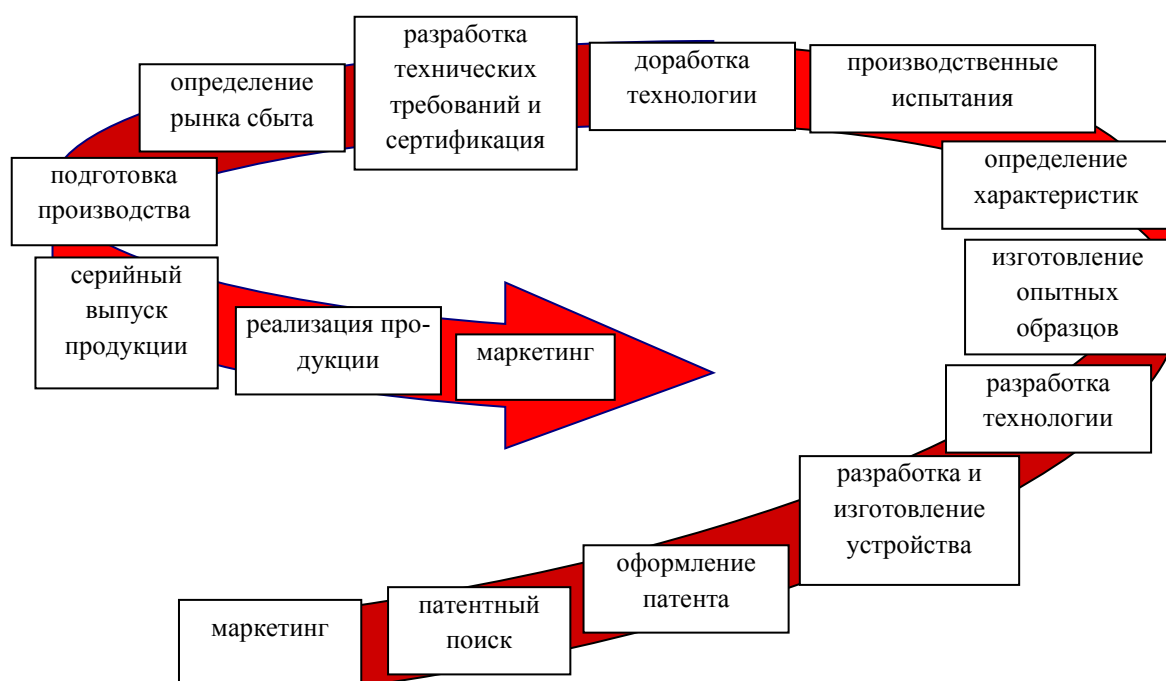


Рис. 3. Инновационная спираль

Новый научный подход к разработке технологии изготовления новых древесных материалов состоит в том, что новые материалы должны разрабатываться на основе требований потребителей после всестороннего изучения рынка. Вторым этапом создания новых видов клееных древесных материалов является анализ литературных источников и патентный поиск конструкций и технологий ранее разработанных изделий. Прежде чем приступить к разработке нового изделия, необходимо хорошо изучить известные технологии и опыт изготовления традиционных материалов. Основой новых технологий являются знания и предыдущий опыт.

Знание производственных процессов, особенностей строения древесины, процессов, протекающих при гидротермической обработке, механической обработке, сушке и склеивания древесины во многом может облегчить процесс создания новых материалов. Необходимо также проанализировать известные материалы и способы их изготовления, чтобы не терять время и не изобретать повторно уже известное изобретение. Результатом изучения современного состояния производства и проведения патентного поиска является выбор прототипа используемого в качестве базового изделия или устройства.

Получение патента и своевременная оплата на его поддержание гарантирует соблюдение авторских прав на производство нового материала. После подачи заявки на изобретение необ-

ходимо приступить к разработке и изготовлению устройства, отработке технологических вопросов производства.

Правильность теоретических разработок подтверждается на практике – при изготовлении опытных образцов. В этих образцах необходимо определить основные качественные характеристики. Исследования желательно производить известными методами, общепринятыми в нормативно-технической документации. Если в образцах новой продукции оцениваются ранее неизвестные свойства, например, декоративные, то необходимо разработать метод их определения.

Производственные испытания необходимы для подтверждения возможности их производства. Производственные условия отличаются от лабораторных большими размерами оборудования, некоторым различием в качестве сырья и клеевых материалов и другими факторами. При проведении производственных испытаний необходимо учитывать и человеческий фактор. Внедрение неизбежно связано с боязнью нового, неизвестного; с трудностями конструкторской разработки; необходимостью переобучения персонала; временным снижением производительности на период освоения изделия; потерями в зарплате из-за уменьшения объемов производства.

При совершенствовании технологических процессов и при разработке технологии новых древесных материалов необходимо учитывать

вид применяемого оборудования, его производительность, выполняемые на этом оборудовании технологические операции. Длительность технологического процесса во многом определяет финансовое положение предприятия. На период времени, пока продукция находится в обработке, денежные средства являются по сути «замороженными», т.е. выведенными из оборота. Для успешной деятельности предприятия необходимо, чтобы длительность оборота денежных средств была минимально возможной. От цикла оборачиваемости оборотных средств зависит прибыль и рентабельность предприятия. Поэтому перед предприятием, наряду с другими задачами, всегда является актуальным вопросом снижение длительности технологического процесса.

Для успешного внедрения новых материалов в производство необходим также комплекс технико-организационных и экономических мероприятий. Создание инновационных, более качественных и конкурентоспособных строительных материалов и изделий из древесины является необходимым условием успешного развития отрасли. Однако при анализе состояния инновационной деятельности, установлено, что несмотря на усиливающуюся государственную поддержку инновационные процессы так и не получили должного развития.

Выводы. Разработанные методологические основы комплексного подхода к созданию импортозамещающих конкурентоспособных строительных материалов из древесины, базируется на древесиноведческих и технологических особенностях переработки маломерной, низкокачественной древесины и отходов деревообработки, принципах ресурсосбережения и многоцелевой

направленности решаемой проблемы, и позволяют получать строительные материалы и изделия с требуемыми эксплуатационными свойствами, что способствует решению двух взаимосвязанных стратегических задач обеспечения населения России доступным и комфортным жильем и развитием производств с углубленной переработкой древесины.

Инновационная спираль, определяющая последовательность проведения основных этапов разработки и внедрения в производство новых видов древесной продукции от маркетинговых исследований до изготовления серийных образцов при постоянном совершенствовании технологии и оборудования, способствует созданию новых, более качественных и конкурентоспособных строительных материалов и изделий из древесины и является необходимым условием успешного развития отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукаш А.А. Методика создания новых видов древесных материалов /А.А. Лукаш // Изв. вузов. Лесной журн. 2011. №2. С. 134-137.
2. Лукаш, А.А. Методические основы создания новых видов клееных древесных материалов //Вестник КрасГАУ.2011. Вып.5. С. 166-170.
3. Лукаш, А.А. Инновационная спираль для управления инновационными процессами // Вестник Брянского государственного университета. №3(2) (2012): Брянск: РИО ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», 2012. С.207-209.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Сиваченко Т.Л., соискатель,

Михайличенко С.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ С ИГЛОФРЕЗЕРНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

dist@intbel.ru

Описано современное состояние техники в области дезинтеграторной обработки анизотропных композиционных материалов. Выявлены основные направления развития технических средств для их комплексной переработки. Предложены и описаны технологические агрегаты с иглофрезерными рабочими органами для измельчения, диспергирования и механоактивации материалов с различными свойствами. Отмечено, что измельчение анизотропных материалов торцевыми поверхностями стержневых элементов при центральном сжатии энергетически более эффективно, чем их разрушение между плоскими поверхностями. На экспертном уровне дана оценка рациональных областей использования и потенциала развития технологических агрегатов с иглофрезерными рабочими органами.

Ключевые слова: Технологический агрегат, иглофрезерный измельчитель, анизотропные материалы, разрушение, истирание, срез.

Измельчение для многих отраслей промышленности, в частности для производства строительных материалов, имеет чрезвычайно важное значение. Это самая массовая и самая энергоемкая из всех реализуемых в настоящее время технологических операций.

Анализ исследований механизмов разрушения материалов показывает, что из всего их многообразия наибольшее распространение имеют удар, раздавливание, истирание, а также различные их вариации. По этой причине в измельчительных установках доминируют шаровые, роторные, молотковые, валковые, конусные и другие аппараты [1-4].

Одной из основных задач, стоящих перед учеными в области прикладной механики разрушения, является уменьшение затрат энергии на внешнее и внутреннее трение непосредственно самого процесса измельчения. В последние десятилетия в дезинтеграторных технологиях широкое распространение получили агрегаты для механоактивации и направленного изменения свойств перерабатываемого материала: селективное разрушение, механосинтез, управляемая тиксотропия структуры и др. Из актуальных технологических задач, основу которых составляют процессы измельчения, особо следует выделить переработку анизотропных материалов природного и техногенного происхождения,

в том числе твердых бытовых и промышленных отходов, органогенных материалов, растительного сырья, композиционных и сложных по структуре и составу компонентов.

Новым направлением решения поставленных задач может быть создание многофункциональных технологических агрегатов на основе иглофрезерных рабочих органов, обеспечивающих избирательное комплексное воздействие на обрабатываемые материалы консольными концами своих стержневых элементов и создание энергоэффективных механизмов разрушения [2, 3].

Ближайшими конструктивными аналогами, которые могут служить основой для проектирования стержневых аппаратов, являются широко применяемые в технике щетки, скребки, гребни, иглофрезы и другие инструменты. Их технологические функции состоят, прежде всего, в реализации сдвиговых воздействий на обрабатываемые поверхности для их очистки, снятия поверхностных слоев материала или финишной обработки.

По имеющейся информации [4, 5] применение стержневых элементов для создания помольных агрегатов промышленного назначения не имеет практической реализации.

Из всего многообразия известных в технике наборов стержневых элементов, образующих

иглофрезы различных конструкций, можно выделить наиболее распространенные: дисковые, цилиндрические, плоские, пальцевые и др. (рис.1).

Для подтверждения возможности интенсификации процессов измельчения посредством стержневых элементов были проведены необходимые экспериментальные исследования на моделях. Установлено, что для единичных актов измельчения при использовании набора парал-

лельных стержней наблюдается значительное увеличение выхода мелких классов, т.е. происходит более эффективное разрушение, чем при раздавливании материала между плоскими параллельными поверхностями. В предлагаемых вариантах измельчения за основу приняты решения, когда стержни воздействуют на материал своими торцевыми поверхностями, что связано с необходимостью многократного увеличения контактных напряжений в материале [7].



Рис. 1. Разновидности иглофрезерных элементов

Проектирование стержневых аппаратов требует учета особенностей поведения рабочих элементов в зависимости от свойств перерабатываемых материалов и решения конкретных технологических задач. Используя подход ана-

логии, учитывающий предшествующий опыт создания и эксплуатации помольного оборудования, представим базовые варианты актов стержневого измельчения (рис. 2).

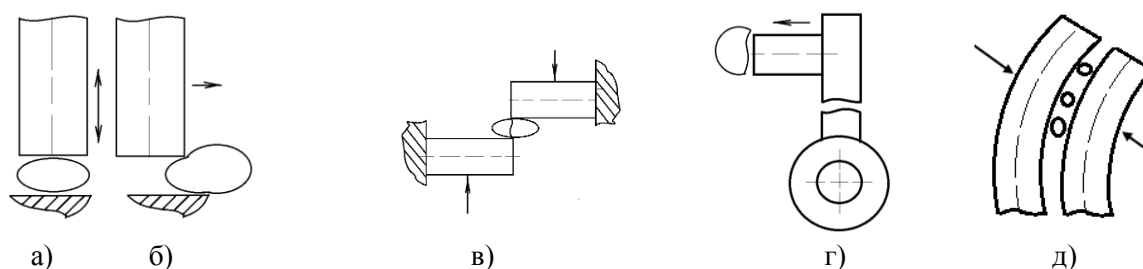


Рис. 2. Базовые варианты разрушения частиц материала стержнями иглофрез.

На представленных схемах приведены идеализированные варианты разрушения: а – ударно-раздавливающее разрушение, б – истирание, в – срез, г – свободный удар, д – сжатие по образующим стержней. Эти виды разрушения необходимо правильно сочетать с конкретной конструкцией иглофрезы, условиями переработки материала, видом приводного механизма и другими исходными условиями их работы. С уче-

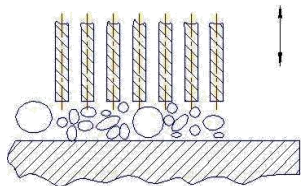
том вышеуказанного представим варианты единичных актов иглофрезерного измельчения (рис. 3).

Для удобства использования и расширения охвата конструктивного исполнения механизмы стержневого измельчения по видам воздействия разделены на 5 групп: торцевые импульсные, срезающе-сдвиговые, истирающие, по торцевым поверхностям высокоскоростные удары и

истирающие по образующим стержней. Механизмы стержневого измельчения определяют

сях конструктивным исполнением. Рассмотрим более подробно каждый из них.

Торцевое импульсное воздействие

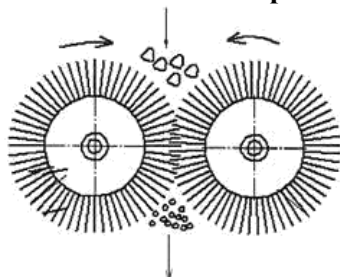


1

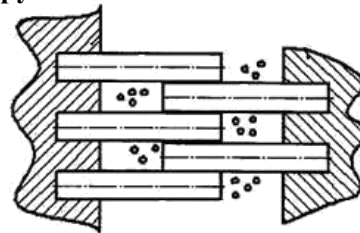


2

Срезающе-сдвиговое нагружение

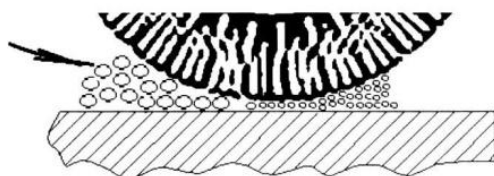


3

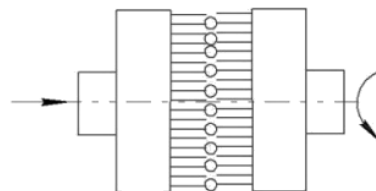


4

Торцевое истирание

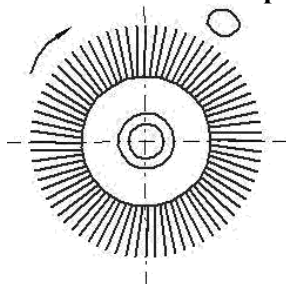


5

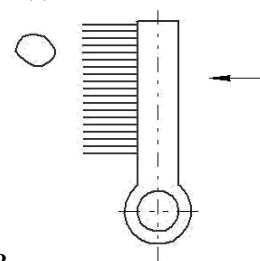


6

Высокоскоростное торцевое ударное воздействие

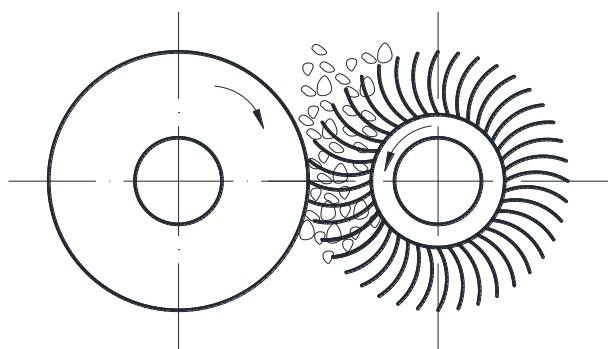


7

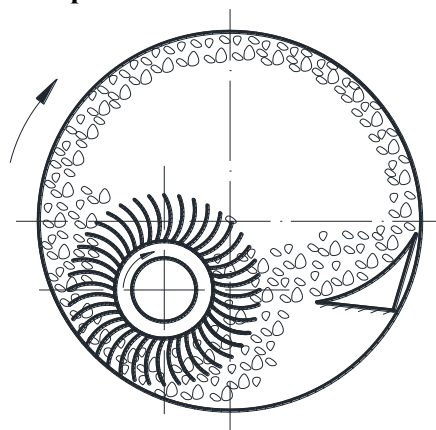


8

Истирание по образующим стержней



9



10

Рис. 3. Варианты единичных актов иглофрезерного измельчения

Схема 1. Параллельные между собой стержни своими торцами периодически совершают воздействия на частицы материала, находящегося на опорной поверхности. Конструктивно этот вариант представляет собой плоскую

иглофрезу, связанную с приводом возвратно-поступательного перемещения. Обладает простотой исполнения, но характеризуется высокими динамическими нагрузками. При этом достигается очень высокий уровень энергонапряжен-

ности рабочего процесса, что позволяет производить обработку продуктов без их ограничения по прочности и абразивности.

Схема 2. Схожий со схемой 1 механизм разрушения. Отличается в части исполнения набора стержневых элементов, выполняемого в форме цилиндрической иглофрезы, что изменяет картину разрушения материала, так как при этом чистое сжатие заменяется преимущественно сжатием со сдвигом. В целом параметры единичных актов разрушения мало отличаются от схемы 1.

Схема 3. Стержни двух параллельных между собой цилиндрических иглофрез в зонах их образующих входят друг в друга и за счет синхронного вращения производят комплексное воздействие на частицы материала способом среза, истирания, раздавливания, ударов. Реализация этого механизма разрушения отличается простотой, возможностью работы по сухому или мокрому способу и высокой удельной энергонапряженностью.

Схема 4. Консольные части стержневых элементов плоских и параллельных между собой иглофрез совершают возвратно-поступательные перемещения друг относительно друга с преобладающим срезающе-сдвиговым нагружением. Возможно применение при обработке органического сырья и малоабразивных минералов.

Схема 5. Стержневые элементы цилиндрической иглофрезы при ее вращении захватывают куски исходного материала и протягивают его между своими торцами и неподвижным корпусом, где и производится интенсивное разрушение истирающим воздействием. В определенном смысле - это аналог процесса иглофрезерования.

Схема 6. Разрушение материала осуществляется между двумя дисками, оснащенными стержнями, торцы которых обращены навстречу друг другу. По меньшей мере один из дисков является подвижным. Центробежными силами измельчаемый материал отбрасывается к периферии и проходя между торцами, движущихся навстречу друг другу, стержней, интенсивно измельчается. Применение такого способа диспергирования особенно эффективно для органических продуктов, малоабразивных суспензий, эмульсий и приготовления однородных композиций.

Схема 7. Высокоскоростной свободный удар производится стержнями цилиндрической иглофрезы. В процессе ее взаимодействия с частицами обрабатываемого материала происходят множественные сколы и срезы микрообъемов с более крупных кусков. Реализация этой схемы представляется перспективной для переработки органических продуктов, домола малоабразивных минералов и приготовления раз-

личных смесевых составов.

Схема 8. Рабочий орган такого типа можно использовать в молотковых дробилках для осуществления тонкого дробления или грубого помола минерального сырья по сухому способу. Наличие множества стержневых элементов в составе предлагаемого била позволяет увеличить число зон разрушения и существенно интенсифицировать рабочий процесс.

Схема 9. Изогнутые стержни упираются своими концами в опорную поверхность второго элемента, например, вала, деформируются и при этом разрушают попадающий между ними зернистый материал путем раздавливания частиц между своими боковыми поверхностями.

Схема 10. Отличается от схемы 9 тем, что опорная поверхность выполнена в виде охватывающего иглофрезу барабана. Это улучшает условия захвата частиц материала и позволяет производить их многократную обработку и, соответственно, осуществлять тонкий помол.

В качестве материала для изготовления стержневых элементов иглофрез рекомендуется использовать стальную проволоку круглого сечения по ГОСТ 2333-80 диаметром от 0,1 мм до 10,0 мм. Для этих целей подходит проволока стальная углеродистая пружинная по ГОСТ 9389-75. Для создания крупных помольных машин в качестве стержневых элементов для рабочих органов типа иглофрез вполне применимы отрезки канатов, которые в полной мере отвечают изложенным ранее требованиям.

В первом приближении с достаточной степенью точности рациональную область технологического использования измельчителей с иглофрезерными рабочими органами можно оценить на основе анализа основных видов разрушения материала стержневыми элементами (рис. 2).

По нашему мнению, конструкции, соответствующие схемам «а» и «д», могут быть использованы для измельчения твердых и абразивных материалов, преимущественно минерального происхождения. С их помощью также целесообразно перерабатывать многие техногенные продукты: золы, шлаки, композиты, производить селективное измельчение, диспергировать сыпучие и жидкотекучие композиции, осуществлять механоактивацию многих природных и техногенных материалов.

Реализация измельчения путем истирания (рис. 2 схему «б») позволяет эффективно перерабатывать материалы средней и малой прочности, как природного, так и техногенного происхождения. Наличие множества режущих кромок создает необходимые условия образования большого количества преимущественно линейных дефектов на поверхности частиц трудно измельчаемых материалов и ведет к последова-

тельному их разрушению.

Измельчение способом среза (рис. 2 схему «в») по большинству признаков аналогично предшествующей конструкции, но отличается более высокой интенсивностью процесса, что объясняется наличием рельефной второй опорной поверхности, а также возможным взаимным перемещением двух иглофрезерных частей конструкции, что позволяет эффективно измельчать волокнистые и неоднородные материалы: древесину, пластмассу, резиновую крошку, текстиль, макулатуру и др.

Свободный удар (рис. 2 схему «г») может найти применение в тех случаях, когда необходимо измельчать минеральные и органические материалы, совмещать между собой процессы помола и сушки, помола и смешивания, селективного измельчения, механоактивации. Таким способом можно получить более дисперсный продукт, так как развитая рельефная рабочая поверхность способствует концентрации локальных напряжений в частицах материала в момент их удара по стержням, торцы которых изменяют характер движения частиц по рабочей поверхности и исключают их вынос аэродинамическим потоком из рабочей зоны.

Для выбора эффективных вариантов технологического применения механизмов единичных актов иглофрезерного измельчения и снижения объемов поисковых исследований нами проведен отбор наиболее перспективных схем реализации процессов. Нами использован метод феноменологического анализа и аналогий. Исходными условиями при этом были приняты интенсивность процесса измельчения, простота изготовления нового оборудования, его высокая износостойкость, возможность создания аппаратов большого гипотизмеримого ряда и функциональных применений.

Руководствуясь перечисленными требованиями в качестве базовых вариантов единичных актов иглофрезерного измельчения выбраны схемы 1, 3, 4, 7, 9, которые относятся к различным видам воздействия на перерабатываемые материалы. Каждый из них обладает индивидуальными возможностями, которые предполагают их использование для переработки соответствующих материалов.

На основе единичных актов стержневого измельчения разработан ряд конструкций измельчителей с иглофрезерными рабочими органами. Схемы некоторых из них представлены на рис. 4. Представим им краткое описание.

Схема 1. Измельчитель истирающего действия с радиальными стержневыми элементами. Конструкция содержит основание 1, камеру для обработки материала 2 с устройствами для загрузки 3 и выгрузки 4, установленным в ней с

возможностью вращения ротор 5 с рабочим органом 6, оснащенный игольчатыми элементами 7. Камера 2 имеет зоны входа 10 и выхода 11 материала из рабочего пространства, где происходит процесс измельчения. Интенсивность процесса во многом зависит от зазора между стенками рабочей камеры 2 и торцами стержней рабочего органа 6. Для управления потоками движения материала предусмотрена перегородка 12.

Схема 2. Измельчитель истирающего действия с торцевыми стержневыми элементами. Устройство включает в себя приводной вал 1, планшайбу 2 с игольчатыми элементами 3, опорную плиту 4 и патрубок 5 для подачи исходного материала. Измельчитель может работать по сухому или мокрому способу. При этом сырьевой материал через патрубок 5 поступает в рабочую зону между торцами элементов 4 и опорной плитой. Материал измельчается способом сдвига, среза или истирания. Рабочий процесс может производиться как с зазором, так и с контактом между собой торцев элементов 3 и плиты 4. Обрабатываемый продукт под действием центробежных сил движется от центра рабочего органа к его периферии.

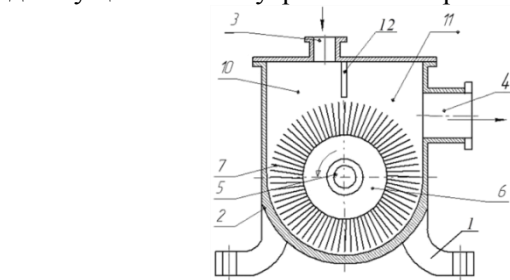
Схема 3. Вибрационная мельница. Содержит приводной электродвигатель 1, вал 2 которого через эластичную муфту 3 связан с валом 4 дебалансного вибратора 5. Внешняя поверхность последнего снабжена секциями 6 иглофрезерных элементов, которые с зазором расположены в рабочей камере 7, установленной на раме 8. Рама снабжена патрубками для загрузки 9 и выгрузки 10 материала. Мельница предназначена для мокрого измельчения способом торцевых соударений стержневых элементов секций 6 и стенкой рабочей камеры 7, создаваемых дебалансным вибратором 5.

Схема 4. Мельница виброударного действия. Установка работает по принципу высокочастотных центральных ударов. Для этого на раме 1 с помощью оси 2 смонтировано коромысло 3, на одной консоли которого закреплен вибратор 4, а на другой - игольчатый рабочий орган 5. Для управления работой ударного механизма предусмотрена возвратная пружина 6. Разрушение материала происходит торцами стержней рабочего органа 6 на опорной плите 7. Исходный материал подается в рабочие зоны через патрубок 8, а для выгрузки измельченного продукта, обрабатываемого по мокрому способу, служит лоток 9.

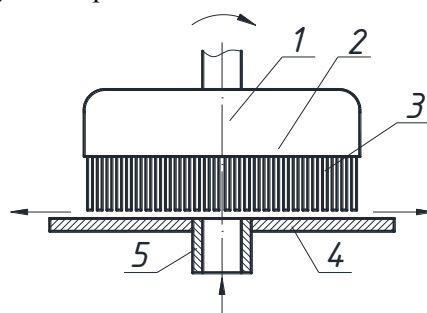
Схема 5. Барабанно-валковая мельница. Основу мельницы составляет вращающийся горизонтальный барабан 1, опирающийся на ролики 2, внутри которого смонтирован цилиндрический игольчатый рабочий валок 3. Для создания

необходимых условий измельчения валок 3 с помощью прижимного устройства 4 торцами своих стержней сжимает частицы материала, движущиеся на внутренней поверхности бара-

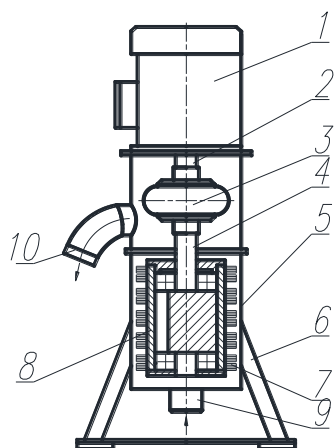
бана 1 и разрушает их. Загрузка сырьевого материала осуществляется посредством патрубка 5, а для устранения его налипания на стенки барабана служит скребок 6.



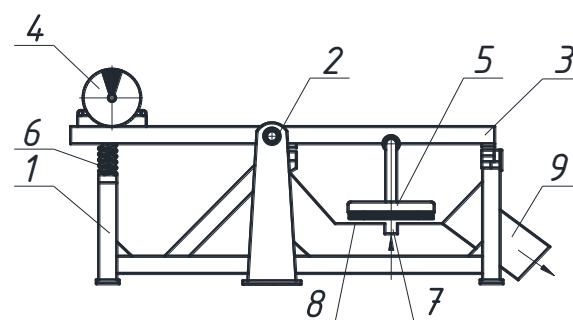
1



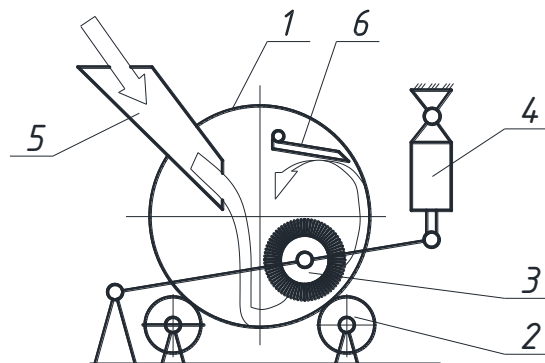
2



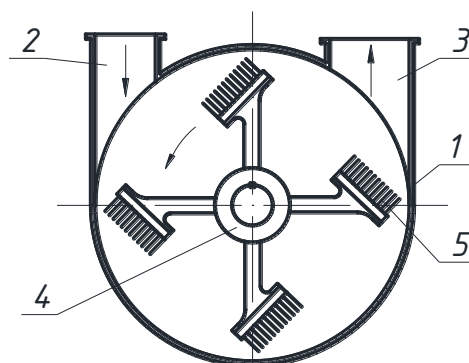
3



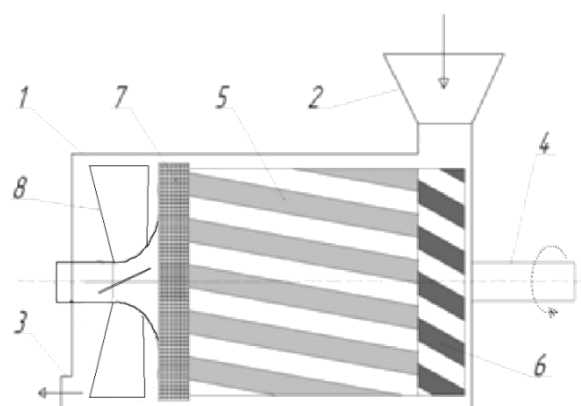
4



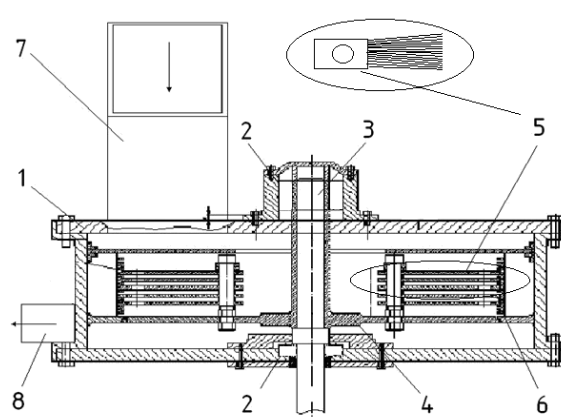
5



6



7



8

Рис. 4. Варианты конструкций измельчителей с иглофрезерными рабочими органами

Схема 6. Дробилка ударного действия. В рабочей камере 1, содержащей патрубки 2,3 для загрузки и выгрузки материала, вращается ротор 4 с рабочими органами 5, выполненными в виде прямоугольных щёток. Измельчение в дробилке осуществляется по методу свободного удара свободными концами стержневых элементов, что позволяет кардинально изменить механизмы единичных актов воздействия на частицы материала и интенсифицировать процесс их разрушения.

Схема 7. Роторно-центробежный измельчитель [6, 7]. Агрегат предназначен для измельчения волокнистых материалов посредством воздействия срезом и истиранием. В рабочей камере 1, содержащей патрубки 2 и 3 для загрузки и выгрузки материала, вращается вал 4 с рабочими органами: ротор с режущими 5 для помола и лопастями 6 для интенсификации захвата материала. Эффективность помола достигается воздействием на материал цилиндрической иглофрезерной насадкой 7. Выгрузка измельченного материала интенсифицируется за счет крыльчатки 8. Материал измельчается способом сдвига, среза и частичного истирания. Применение комплексного динамического воздействия на материал позволяет повысить производительность установки.

Схема 8. Центробежный иглофрезерный измельчитель [7, 8]. Представляет из себя плоский цилиндрический корпус - 1 с двумя подшипниковыми опорами - 2, в которых на вертикальном валу - 3 закреплен ротор - 4 - маховик с выполненными на нем подвижными пакетами иглофрез - 5 в виде развитых режущих элементов. Ротор вращается в пространстве колосниковой решетки - 6 смонтированной в корпусе установки. Подача материала осуществляется сверху через загрузочный лоток - 7, а выгрузка измельченного продукта происходит в воздушном потоке, с боковой части корпуса установки через разгрузочный патрубок - 8.

Конструктивно-технологическое использование измельчителей с иглофрезерными рабочими органами, характеризующимися развитой поверхностью воздействия на измельчаемые материалы, открывает дополнительные возможности в создании новых конструкций агрегатов для комплексной переработки техногенных материалов анизотропной структуры [1, 3, 9].

Для подтверждения возможности интенсификации процессов измельчения посредством стержневых элементов нами проводятся необходимые теоретические и экспериментальные исследования.

За основу их выполнения приняты варианты, когда стержни воздействуют на материал своими торцевыми поверхностями путем исти-

рания, среза и удара, что связано с необходимостью многократного увеличения контактных напряжений и интенсификации процесса измельчения.

Создание новых технологических агрегатов в которых можно использовать модули для измельчения на основе иглофрезерных рабочих органов, базируется на анализе концептуальных принципов развития и проектирования роторно-центробежных агрегатов комбинированного динамического воздействия на материал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности издание второе, переработанное. М: Химия, 1977. 368 с.
2. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение, грохочение полезных ископаемых. - М.: Недра, 1980. - 416 с.
3. Бауман В.А. и др. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 328 с.
4. Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия. Минск, Изд. центр БГУ, 2008. 375 с.
5. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Сиваченко Т.Л., Попов Ф.С. Потенциал создания конструкций и использования иглофрезерных методов дезинтеграторной обработки материалов // Научно-технические инновации (XXI научные чтения) Междунар. науч.-практ. конф., сб. докладов, Белгород: Изд-во БГТУ, 2014, ч. 4, С. 104-109.
6. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Сиваченко Т.Л., Попов Ф.С., Технологическая эффективность переработки материалов в роторно-центробежных агрегатах // Научно-технические инновации (XXI научные чтения) Междунар. науч.-практ. конф., сб. докладов, Белгород, Изд-во БГТУ, 201, ч. 4. С. 110-116.
7. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Сиваченко Т.Л., Шеховцова Ю.А. Модернизация помольного оборудования участка утилизации отходов при производстве полимерной продукции строительного назначения // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование, Межвузовский сборник статей. Белгород, 2012. Вып. XI. С. 318-321.
8. Патент РФ на изобретение № 2446015. 27.03.12 Установка для измельчения волокнистых материалов // Глаголев С.Н., Гридчин А.М., Севостьянов В.С., А.А. Макридин, С.А. Михайличенко.

Смирнов Д.В., аспирант,
Семикопенко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ СРЕДЫ В КРИВОЛИНЕЙНОМ ПАТРУБКЕ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

DmSm1989@yandex.ru

Дано математическое описание движения вязкой среды в криволинейном патрубке круглого поперечного сечения в полярной системе координат. Определены проекции вектора скорости воздушного потока на оси полярной системы координат. Построены графические зависимости изменения начального значения u_0 скорости воздушной среды на входе в криволинейный патрубок в зависимости от изменения его конструктивных параметров.

Ключевые слова: вязкая среда, криволинейный патрубок, воздушный поток.

Рассмотрим движение вязкой среды, предположив, что вязкость и плотность постоянны.

В этом случае движение вязкой среды в криволинейном патрубке можно описать в рамках уравнения Навье-Стокса [1]:

$$\rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} = -\text{grad}P + \mu \Delta \vec{u} + \rho \vec{g}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха; μ – динамическая вязкость запыленного воздуха; g – ускорение свободного падения; \vec{u} – вектор скорости воздушного потока; P – давление внутри криволинейного патрубка; Δ – оператор Лапласа.

Для описания движения воздушной среды внутри криволинейного патрубка введем полярную систему координат r, φ с центром в точке «O» (рис. 1).

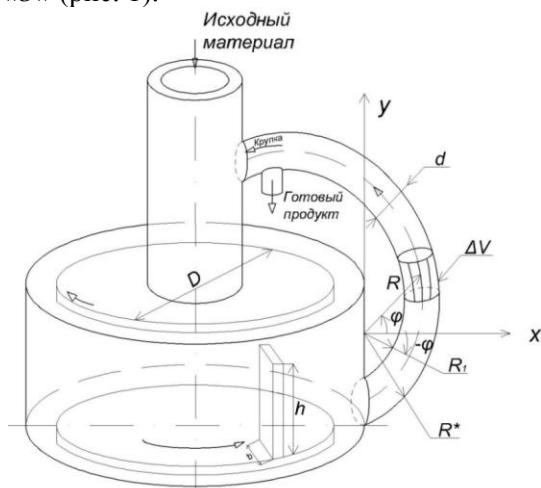


Рис. 1. Расчетная схема для описания движения двухфазной среды в криволинейном патрубке круглого поперечного сечения

При этом радиальная координата изменяется в пределах $R_1 \leq r \leq R_2$. Запишем проекции уравнения (1) на оси полярной системы координат:

$$\rho \left(\frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} - \frac{u_\varphi^2}{r} \right) = -\frac{\partial P}{\partial r} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u_r) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \varphi^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} \right] + \rho g_r, \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u_\varphi}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r u_\varphi}{r} \right) = -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \varphi} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u_\varphi) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial \varphi^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} \right] + \rho g_\varphi, \quad (3)$$

где u_r, u_φ – проекции вектора скорости воздушного потока на оси полярной системы координат; g_r, g_φ – проекции вектора свободного ускорения на оси полярной системы координат.

Для установившегося стационарного движения воздушной среды в криволинейном патрубке с постоянным радиусом кривизны

$$R = R + d/2. \quad (4)$$

где d – диаметр поперечного сечения криволинейного патрубка.

Выделим в криволинейном патрубке некоторый объем воздушной среды ΔV . Величина давления выделенного объема включает динамическую и статическую составляющие:

$$P = P_{\text{дин}} + P_{\text{стат}}, \quad (5)$$

где $P_{\text{дин}}$ – динамическая составляющая давления, равная [2]:

$$P_{\text{дин}} = \frac{\rho}{2} u_\varphi^2, \quad (6)$$

здесь u_φ – тангенциальная скорость движения воздушного потока в криволинейном патрубке,

$$P_{\text{стат}} = \rho g y, \quad (7)$$

где, согласно расчетной схеме на рисунке 1

$$y = R + R \sin \varphi = R(1 + \sin \varphi), \quad (8)$$

здесь угол φ – угол, отсчитываемый от положительного направления оси «ox».

С учетом (8) соотношение (7) принимает вид:

$$P_{\text{стат}} = \rho g R(1 + \sin \varphi). \quad (9)$$

С учетом (6) и (9) выражение (5) принимает вид:

$$P = \frac{\rho}{2} u_\varphi^2 + \rho g R(1 + \sin \varphi). \quad (10)$$

Пренебрегая массовыми силами и изменением скорости воздушного потока в радиальном направлении ($u_r = 0$), на основании сделанных предположений уравнениям (2) и (3) с учетом (10) можно придать вид:

$$\frac{\rho}{R} u_{\varphi}^2 = \frac{2\mu}{R^2} \cdot \frac{du_{\varphi}}{d\varphi}, \quad (11)$$

$$\frac{\rho u_{\varphi}}{R} \cdot \frac{du_{\varphi}}{d\varphi} = -\frac{\rho}{R} u_{\varphi} \frac{du_{\varphi}}{d\varphi} - \frac{d}{d\varphi} (\rho g(1 + \sin \varphi)) + \frac{\mu}{R^2} \frac{d^2 u_{\varphi}}{d\varphi^2}. \quad (12)$$

После несложных математических преобразований (12) принимает следующий вид:

$$\frac{\rho}{R} \frac{d}{d\varphi} (u_{\varphi}^2) = -\frac{\rho}{R} \frac{d}{d\varphi} (u_{\varphi}^2) - 2\rho g \frac{d}{d\varphi} (1 + \sin \varphi) + \frac{2\mu}{R^2} \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{du_{\varphi}}{d\varphi} \right) \quad (13)$$

Интегрирование (13) приводит к результату:

$$\frac{\rho}{R} u_{\varphi}^2 = -\frac{\rho}{R} u_{\varphi}^2 - 2\rho g(1 + \sin \varphi) + \frac{2\mu}{R^2} \cdot \frac{du_{\varphi}}{d\varphi} + c_1. \quad (14)$$

С учетом (11) выражение (14) будет иметь вид:

$$-\frac{\rho}{R} u_{\varphi}^2 - 2\rho g(1 + \sin \varphi) + c_1 = 0. \quad (15)$$

Постоянную интегрирования в (15) можно найти исходя из начального условия:

$$\varphi = -\frac{\pi}{2}, u_{\varphi} = u_0, \quad (16)$$

где u_0 – начальное значение скорости движения воздушного потока в начале криволинейного патрубка, которое с расходом воздуха Q в патрубке связано соотношением:

$$u_0 = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (17)$$

здесь d – диаметр поперечного сечения криволинейного патрубка, а согласно [3]

$$Q = \pi D b \sin \alpha \sqrt{\frac{2(\Delta p - \Delta p_m)}{\rho}}, \quad (18)$$

где D – наружный диаметр описанной окружности ударных элементов мельницы; b – ширина ударных элементов; α – угол между направлениями абсолютной и окружной скоростей, равный

$$\alpha = \arctg \frac{u_1}{u}, \quad (19)$$

здесь

$$u_1 = \omega h \sqrt{\frac{D}{h} - 1}, \quad (20)$$

где h – высота ударных элементов; u_1 – скорость схода воздуха с ударных элементов внешнего ряда; Δp_m – потери давления в системе,

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_t^2}, \quad (21)$$

$$u_t = \frac{\omega D}{2}, \quad (22)$$

$$\Delta p = u^2 \frac{\rho}{2} \cdot [4] \quad (23)$$

Если учесть, что

$$\sin \alpha = \frac{tg \alpha}{\sqrt{1 + tg^2 \alpha}}, \quad (24)$$

а на основании соотношений (19) – (21) находим:

$$tg \alpha = \frac{h}{D} \cdot \frac{\sqrt{\frac{D}{h} - 1}}{\sqrt{1 + \frac{h}{D} - \frac{h^2}{D^2}}}. \quad (25)$$

Подстановка (25) в (24) приводит к следующему соотношению:

$$\sin \alpha = \frac{h}{D} \cdot \frac{\sqrt{\frac{D}{h} - 1}}{\sqrt{1 + \frac{2h}{D} - \frac{2h^2}{D^2}}}. \quad (26)$$

Без учета потерь давления ($\Delta p_m = 0$) подстановка соотношений (23) и (26) позволяет (18) привести к следующему виду:

$$Q = \frac{\pi \omega b D h \sqrt{\frac{D}{h} - 1} \cdot \sqrt{1 + \frac{4h}{D} - \frac{4h^2}{D^2}}}{\sqrt{1 + 8\frac{h}{D} - 8\frac{h^2}{D^2}}}. \quad (27)$$

Подстановка (27) в (17) приводит к следующему результату:

$$u_0 = 4\omega b \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{\sqrt{1 + \frac{4h}{D} - \frac{4h^2}{D^2}} \sqrt{\frac{h}{D} - \frac{h^2}{D^2}}}{\sqrt{1 + 8\frac{h}{D} - 8\frac{h^2}{D^2}}}. \quad (28)$$

В силу того, что конструктивные параметры мельницы могут варьироваться в следующих пределах: $h = 0,05 \dots 0,1$ м; $D = 0,3 \dots 0,4$ м, поэтому отношение конструктивных параметров $\frac{h}{D}$ можно считать малой величиной первого порядка малости. Пренебрегая в (28) величинами второго порядка малости, формулу (28) можно существенно упростить.

Данное математическое преобразование приводит к следующему результату:

$$u_0 \approx 4\omega b \frac{D^2}{d^2} \sqrt{\frac{h}{D}} \left(1 + 8\frac{h}{D} \right)^{-\frac{1}{2}} \approx 4\omega b \frac{D^2}{d^2} \sqrt{\frac{h}{D}} \left(1 - 4\frac{h}{D} \right). \quad (29)$$

Применив (16) к соотношению (15), найдем следующее значение постоянной интегрирования:

$$C_1 = \frac{\rho}{R} u_0^2. \quad (30)$$

С учетом (30) (15) принимает вид:

$$u_{\varphi} = \sqrt{u_0^2 - 2Rg(1 + \sin \varphi)}. \quad (31)$$

На рисунке 2 представлена зависимость изменения скорости воздушного потока в криволинейном патрубке мельницы при изменении углового размера, движущегося выделенного объема воздушной среды, выраженного в радианах. Анализ приведенной зависимости показывает, что при изменении углового размера φ в пределах от 0 до 1,5 радиана изменение скорости воздушного потока происходит примерно в 2 раза.

На рисунках 3...6 приведены графики изменения начального значения u_0 скорости воздушной среды на входе в криволинейный патрубок в зависимости от изменения конструктивных параметров криволинейного патрубка. Анализ полученных зависимостей показывает, что увеличение таких конструктивных параметров, как наружный диаметр ударных элементов в камере помола, высота и ширина ударных

элементов способствуют увеличению скорости u_0 на входе в криволинейный патрубок, а увеличение диаметра патрубка возврата приводит к уменьшению величины начальной скорости воздушного потока на входе в патрубок.

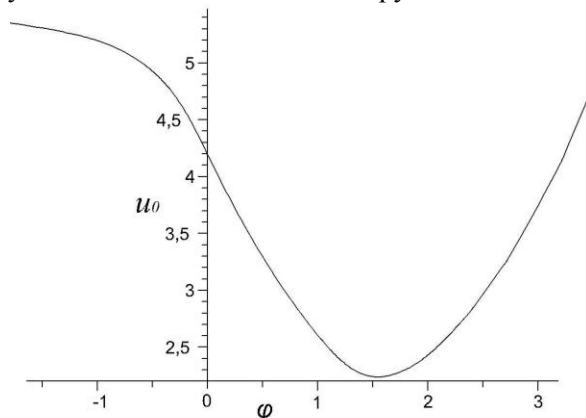


Рис. 2. График изменения скорости воздушной среды в криволинейном патрубке для начального значения скорости на входе $u_0 = 5,45$ м/с. Кривая отвечает значению параметров $R_I = 0,58$ метра, $d = 0,09$ метра

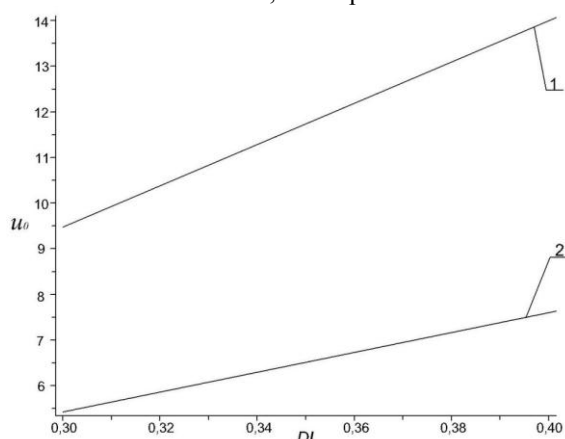


Рис. 3. График изменения начального значения u_0 скорости воздушной среды в патрубке возврата при изменении наружного диаметра диска. 1-я кривая отвечает значению частоты вращения дисков $\omega = 25$ 1/с, а 2-я кривая — $\omega = 15$ 1/с.

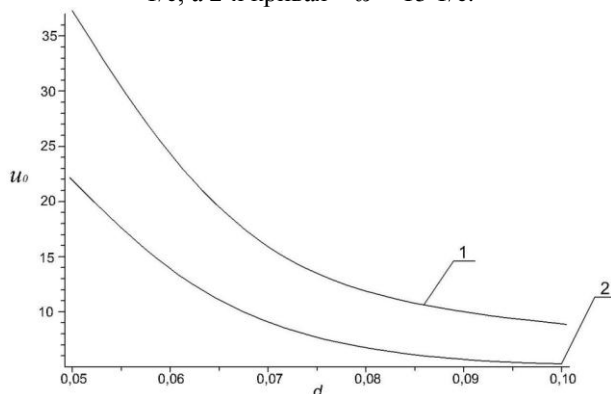


Рис. 4. График изменения начального значения u_0 скорости воздушной среды в патрубке возврата при изменении размера его диаметра. 1-я кривая отвечает значению частоты вращения дисков $\omega = 50$ 1/с, а 2-я кривая — $\omega = 25$ 1/с.

значению частоты вращения дисков $\omega = 50$ 1/с, а 2-я кривая — $\omega = 25$ 1/с

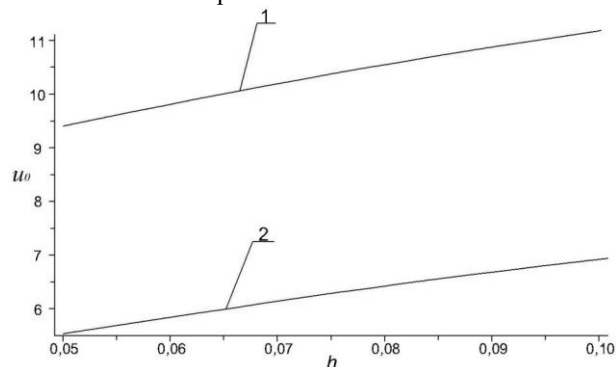


Рис. 5. График изменения начального значения u_0 скорости воздушной среды в патрубке возврата при изменении размера высоты ударных элементов. 1-я кривая отвечает значению частоты вращения дисков $\omega = 25$ 1/с, а 2-я кривая — $\omega = 15$ 1/с

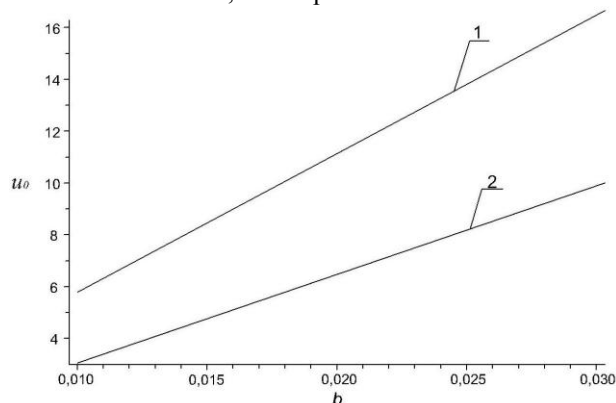


Рис. 6. График изменения начального значения u_0 скорости воздушной среды в патрубке возврата при изменении размера ширины ударных элементов. 1-я кривая отвечает значению частоты вращения дисков $\omega = 50$ 1/с, а 2-я кривая — $\omega = 25$ 1/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слёзкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1955. 521 с.
2. Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1982. 520 с.
3. Клочков Н.В., Блиничев В.Н., Бобков С.П., Пискунов А.В. Методика расчета расхода воздуха в центробежно-ударной мельнице // Известия вузов. Химия и химическая технология. 1982. №2. С. 230-232.
4. Семикопенко И.А., Вялых С.В., Жуков А.А. Агрегат дезинтеграторного типа с внутренней классификацией материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С.74-76.

Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.,
Лозовой Н.М., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ РАБОЧИХ КАМЕР ПОМОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

lozwa88@mail.ru

Одним из перспективных направлений в развитии техники и технологий сверхтонкого помола является создание устройств, основанных на принципе деформирования тонкостенных элементов, обеспечивающих эффективный помол, в которых можно было бы управлять движением мелющих тел и реализовывать различные типы нагружения измельчаемого материала путем выбора соответствующего вида и типа деформирования рабочей камеры. В мельнице с деформируемой помольной камерой наиболее слабый элемент конструкции – рабочая камера, изготовленная из износостойкой кордированной резины, поэтому важно определить время выхода ее из строя.

При определении интенсивности изнашивания номинальное контактное давление должно определяться с учетом того, что износ корпуса, мелющих тел происходит за счет внедрения частиц в их материал. Поэтому путь трения зависит только от количества мелющих тел, вступающих в контакт с внутренней поверхностью корпуса в течении времени работы.

В результате получено аналитическое выражение показывающее зависимость времени эксплуатации рабочей камеры до наступления предельного состояния от геометрических и технологических параметров измельчения, а так же от физико-механических свойств измельчаемого материала.

Ключевые слова: принцип деформирования тонкостенных элементов, помол, мелющие тела, износостойкая кордированная резина, интенсивность изнашивания, путь трения, время эксплуатации.

Качество продукции ряда отраслей промышленности во многом зависит от физико-механических и технологических свойств исходного сырья. Измельчение сырья ведет к повышению однородности порошкообразных смесей, что позволяет получать высококачественные материалы: растворы, наполнители, пигменты, красители, керамические, металлокерамические и другие материалы.

К числу причин, стимулирующих поиски технологически новых принципов измельчения и соответствующих им конструктивных решений в проектировании помольных устройств, относятся: повышение потребности в тонкоизмельченных порошках с размером частиц менее 5 мкм; появление новых синтетических материалов с особыми свойствами; получение готовых продуктов отвечающих заданным свойствам, с узким гранулометрическим составом и требуемой формой частиц.

При помоле материалов имеющих пластинчатую, шестоватую и прочие подобные структуры, наличие ударных воздействий приводит к тому, что разрушение происходит по слоям. К таким материалам относится волластонит, имеющий микроигловатую структуру, использующийся в качестве микроармирующего наполнителя в лакокрасочной промышленности, при его использовании для снижения усадки во время обжига керамических масс форма частиц волластонита должна быть близкой к округлой. В

настоящее время нет достаточно полной теории, позволяющей с необходимой точностью определять характеристики промышленных мельниц для тонкого помола, способных измельчить исходный продукт до частиц требуемой дисперсности.

Как известно, каждый тип машин определяется параметрами характерными для данной конструкции. В связи с этим, использование более эффективных и экономичных способов измельчения на основе технологически новых приемов, построение теории и процессов измельчений, разработка и создание аппаратов малой производительности является актуальной проблемой имеющей важное народное значение.

Одним из перспективных направлений в развитии техники и технологий сверхтонкого помола является создание устройств, основанных на принципе деформирования тонкостенных элементов, обеспечивающих эффективный помол. Обзор существующих на настоящий момент измельчительных устройств малотоннажного производства показал отсутствие агрегатов, в которых можно было бы управлять движением мелющих тел и реализовывать различные типы нагружения измельчаемого материала путем выбора соответствующего вида и типа деформирования рабочей камеры.

При деформировании основным свойством рабочей камеры является способность изменять свои размеры под действием нагрузки. Выход-

ным параметром любого деформируемого элемента является перемещение, передаваемое перерабатываемому материалу. Перемещение характеризуется изменением положения некоторой подвижной точки деформируемого элемента при его перемещении относительно начала отсчета. Для отсчета выбираются точки, совершающие максимальное перемещение.

Использование в качестве рабочего органа деформируемую рабочую камеру позволяет получить новый механизм воздействия на обрабатываемую среду. При этом изменение жесткости, степени и вида деформирования, способа

установки корпуса дает возможность изменить характер воздействия на материал в зависимости от его свойства и требуемых условий проведения процесса помола.

Форма деформируемой камеры может быть (рис. 1, а-г) цилиндрической (а), бочкообразной (б), гофрированной с цилиндрическими (в) или с винтовыми (г) гофрами и др.

Материалом деформируемых камер могут служить разные виды резин (кордированные резины); металлы (наборные оболочки из сегментов различной конфигурации) и др.

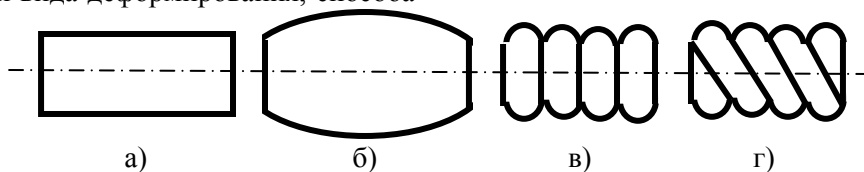


Рис. 1. Варианты форм деформируемых камер

Деформировать рабочую камеру можно по следующим схемам:

1. В поперечном сечении (рис. 2, а-г):

а) камера неподвижна, роликами ей передается форма эллипса и снаружи (изнутри) ими обкатывается;

б) камера неподвижна, снаружи деформируется прижимами возвратно-поступательными движениями;

в) камера неподвижна, снаружи деформируется роликами или прижимами возвратно-поступательными движениями, у которых имеется возможность углового смещения;

г) камера вращается с небольшим числом оборотов, снаружи деформируется роликами или прижимами возвратно-поступательными движениями.

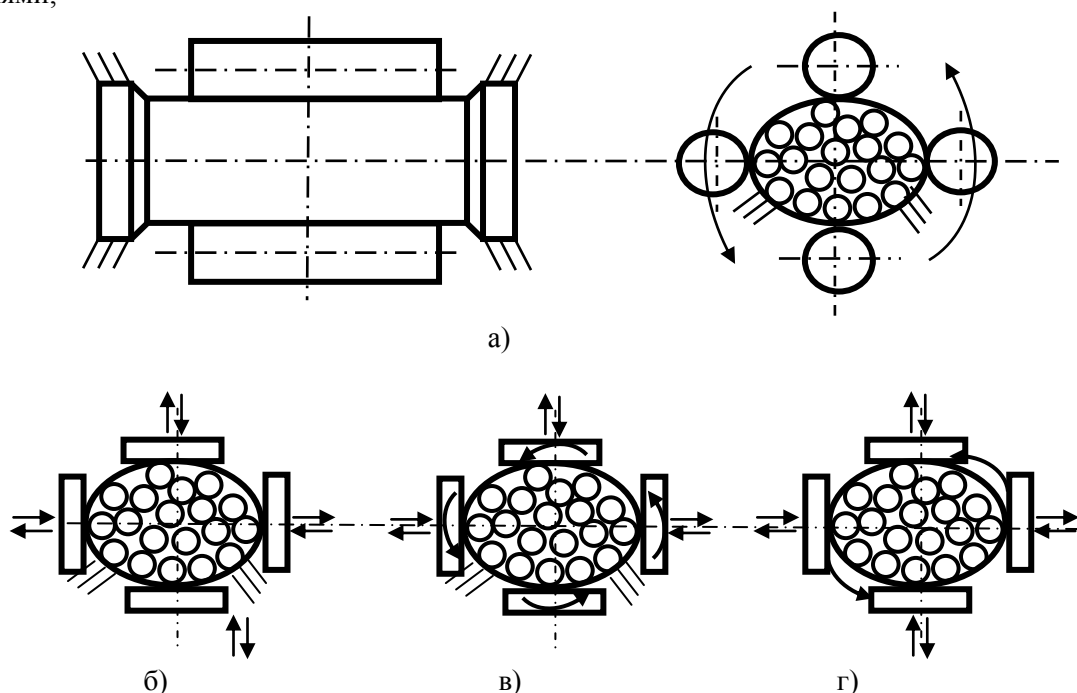


Рис. 2. Схемы изменения объема рабочей камеры деформированием в поперечном сечении

2. В продольном сечении:

а) один конец камеры закреплен жестко, другой совершает продольные возвратно-поступательные движения параллельно своей оси (рис. 3, а);

б) один конец камеры закреплен жестко, другой совершает плоские колебательные дви-

жения в одной или в нескольких плоскостях, смещающие камеру относительно продольной оси (рис. 3, б);

в) совмещает варианты а и б (рис. 3, в);

г) один конец камеры закреплен жестко, второй деформируется вращением с эксцентриситетом (рис. 3, г);

д) два конца камеры, закрепленной посередине, синхронно деформируются вращением с

эксцентриситетом в противоположные стороны (рис. 3, д).

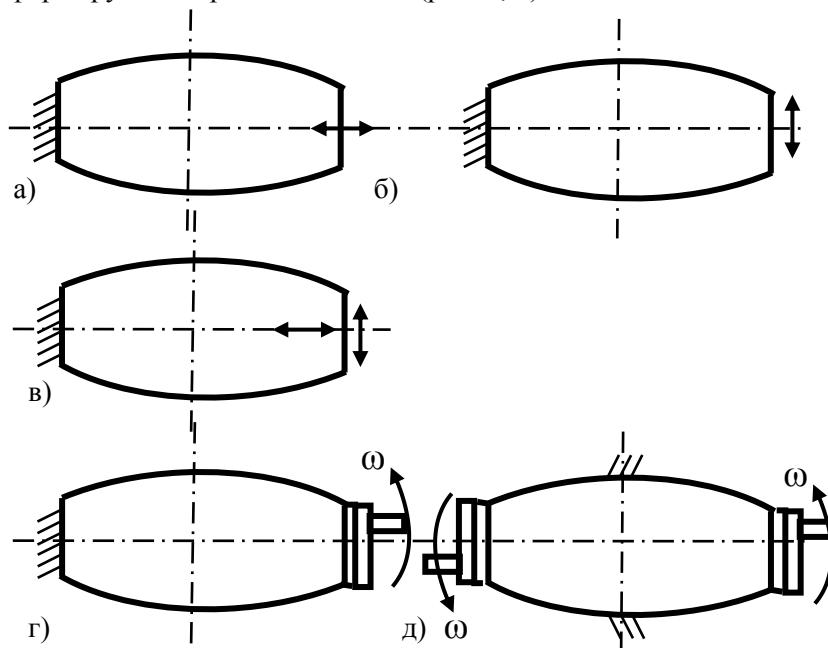


Рис. 3. Схемы изменения объема рабочей камеры деформированием в продольном сечении или по длине

Ролики (прижимы) могут иметь следующую конфигурацию (рис. 4):

а) цилиндрическую;

б) коническую;

в) один ролик (прижим) имеет седловидную форму, другой соответствующую бочкообразную;

г) ролики (прижимы) наборные из элементов сферической, цилиндрической, конической и др. форм.

Представляется целесообразным располагать рабочую камеру горизонтально в целях многообразия организации перемещения шаровой загрузки, особенно с учетом того, что при вертикальном ее расположении на дне емкости образуется так называемая «мертвая зона», в которой часть частиц не будет промалываться. Камера загружается мелющими телами и материалом после деформирования.

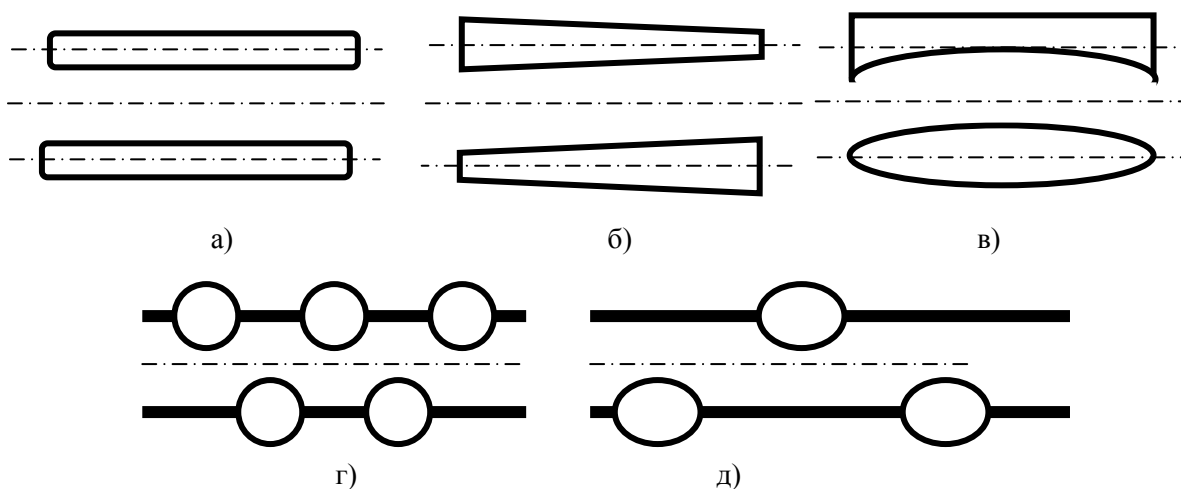


Рис. 4. Варианты деформирующих элементов

В мельнице с деформируемой помольной камерой наиболее слабый элемент конструкции – рабочая камера, изготовленная из износостойкой кордированной резины, поэтому важно определить время выхода ее из строя. Взаимодействие мелющих тел, материала и внутренней

поверхности ее рабочей камеры можно рассматривать как работу пар трения. Отказы при работе устройства могут наступить из-за износа поверхности рабочей камеры до предельного состояния, как в опасном сечении, так и по всей внутренней поверхности.

Трение и износ в данной системе зависят от следующих факторов: состояния контактирующих поверхностей, нагрузки, характера взаимных перемещений, допустимых пределов износа. Причем, основными факторами являются: давление сопряженных поверхностей и скорость перемещения мелющих тел, материала относительно внутренней поверхности помольной камеры и относительно друг друга. На распределение давления оказывает влияние характер нагрузки, зависящей от скорости скольжения трущихся поверхностей. При деформировании рабочей камеры происходит неравномерное распределение давления, которое компенсируется неодинаковостью окружных скоростей в различных точках контакта всех элементов рабочей среды и корпуса.

Анализ взаимных перемещений показал, что в рассматриваемой системе это – трение качения с проскальзыванием, происходящее из-за разности размеров мелющих тел и измельчаемых частиц. При этом проскальзывание в зоне контакта определяется деформацией (раздавливанием и истиранием) измельчаемого материала. В системе происходят три типа изнашивания: абразивное, усталостное, износ при заедании, который определяется одновременным механическим и молекулярным взаимодействием контактирующих поверхностей.

При усталостном изнашивании [1] трение поверхностей обуславливает скольжение дислокаций на некотором расстоянии от поверхности. Большое скопление дислокаций приводит к зарождению микропустот, которые коагцилируют либо путем роста, либо путем сдвига материала, что приводит к образованию трещин, расположенных параллельно поверхности истирания. При этом, когда трещины достигают критической длины, материал отслаивается, а пластическая деформация, протекающая в тонких поверхностных слоях, приводит к возрастанию плотности дислокаций, в связи с чем, возрастает твердость, что является причиной выкрашивания поверхностного слоя.

Для расчета времени работы рабочей камеры до наступления предельного состояния (до достижения износа z_0) необходимо определить путь трения

$$L_0 = z_0 / J, \quad (1)$$

где J – интенсивность изнашивания [2].

При определении интенсивности изнашивания номинальное контактное давление должно определяться с учетом того, что износ корпуса, мелющих тел происходит за счет внедрения частиц в их материал. Необходимо учитывать условие, при котором происходит измельчение

частиц без микрорезания ими рабочей камеры и шаров [3]

$$\frac{h}{r} = \frac{[\sigma]}{2H} \leq 0,5, \quad (2)$$

где r – радиус частицы; h/r – относительное внедрение частицы в мелющее тело при котором произойдет ее разрушение; H – твердость мелющих тел; σ – предел прочности измельчаемого материала.

Как было уже отмечено, механизм взаимодействия частиц с мелющими телами и стенками рабочей камеры можно рассматривать, как работу пары трения качения – частица воспринимает раздавливающе-истирающие воздействия. Величина, оценивающая раздавливающие воздействия, определяются

$$P_P = \sum_{i=n_{\Delta t}} p_i, \quad (3)$$

где P_P – суммарное давление необходимое для раздавливания одновременно взаимодействующих с поверхностями сопряжения частиц; $n_{\Delta t}$ – число частиц одновременно взаимодействующих с материалом поверхностей сопряжения; p_i – нагрузка, разрушающая измельчаемую частицу с условным объемным радиусом R_i , являющаяся суммарной нагрузкой сил действующих в системе.

Нагрузку p_i определим механической прочностью частицы

$$p_i = \sigma \pi R_i^2, \quad (4)$$

где σ – условное напряжение сжатия частицы, (разрушающая нагрузка), деленная на площадь ее максимального сечения, МПа [3]. Для осуществления процесса помола необходимо, чтобы нагрузка на единицу контакта P_a была больше суммы механической прочности частиц

$$P_a > \sum_{i=n_{\Delta t}} p_i. \quad (5)$$

Для определения наибольшего значения P_a необходимо подсчитать максимальное количество частиц, одновременно взаимодействующих с мелющими телами при 100% заполнении межшарового пространства материалом, т.к. это требует максимальных нагрузок для разрушения

$$(n_{\Delta t})_{\max} = n_3, \quad (6)$$

где n_3 – зазор, в который попало максимальное количество частиц.

Число частиц в, занимаемом объеме V_3

$$n_3 = \frac{15D_{\max}^{3/2} \varepsilon}{\pi d^3} \sqrt{\frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}}. \quad (7)$$

Максимальная воспринимаемая измельчаемыми частицами нагрузка для данного случая $(n_{\Delta t})_{\max} = n_3$

$$\sum_{i=1}^{i=n_3} p_i = n_3 \sigma \frac{\pi \bar{d}^2}{4}. \quad (8)$$

С учетом (7)

$$\sum_{i=1}^{i=n_3} p_i = \frac{15 D_{\max} \varepsilon \sigma \sqrt{R_{cp}}}{4 \bar{d}}. \quad (9)$$

Произведя оценку выражения (9) при $\sigma = 30 \text{ кг/мм}^2$; $D_{\max} = 8 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,05$; $\bar{d} = 1 \text{ мм}$; $\rho_{cp} = 12 \text{ мм}$ по [3], полу-

$$\text{чим. } \sum_{i=1}^{i=n_3} p_i \approx 113 \text{ кг/мм}.$$

Для упрощения дальнейших расчетов будем считать, что путь трения зависит только от количества мелющих тел, вступающих в контакт с внутренней поверхностью корпуса. В каждый момент времени в контакт с корпусом входит одинаковое их количество; скорость перемещения шаров принимаем максимальной – скорость в переносном движении [4]

$$g_e = f_e \sqrt{1 + \left(\frac{1 - f_e}{2} \right) \frac{l^2}{l^2 + (R - r(\varphi))^2}} \omega r, \quad (10)$$

где f_e – коэффициент трения между стенками рабочей камеры и мелющими телами; l – длина рабочей камеры; R – максимальный радиус рабочей камеры; r – минимальный радиус рабочей камеры; ω – частота вращения мелющих тел.

Количество мелющих тел, контактирующих с помольной камерой равно

$$I_{\text{кол}} = \frac{\pi(2R - d_{\text{ш}})}{d_{\text{ш}}}. \quad (11)$$

Путь изнашивания определится, как $L_0 = g_e t I_{\text{кол}} l$, откуда время работы рабочей камеры до наступления предельного состояния (до достижения износа z_d) определяется

$$t = \frac{L_0}{g_e I_{\text{кол}} l} = \frac{z_d}{J g_e I_{\text{кол}} l}. \quad (12)$$

Получено аналитическое выражение показывающее зависимость времени эксплуатации рабочей камеры до наступления предельного состояния от геометрических и технологических параметров измельчения, а так же от физико-механических свойств измельчаемого материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буше Н.Е. К вопросу о процессах происходящих на поверхности трения. В кн.: О природе трения твердых тел. Минск, Наука и техника, 1971. С. 75-77.
2. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. – М.: Машиностроение, 1986. 224 с.
3. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 526 с.
4. Лозовая С.Ю., Исследование эксплуатационных характеристик помольных устройств с целью определения зависимостей для получения готового продукта с заданными свойствами Известия ВУЗ Химия и химическая технология 2004. Т.47. №8. С. 82-85.

Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.,
Шаптала В.В., канд. техн. наук, доц.,
Гавриленко А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ В ПНЕВМОКАМЕРНОМ НАСОСЕ*

GawrilenkoAW18@yandex.ru

Основным условием процесса транспортирования сыпучих материалов с помощью пневмокамерных насосов является наличие однородного псевдоожигженного слоя, то есть двухфазной среды, состоящей из транспортируемого материала и рабочего агента – сжатого воздуха. Это необходимо для успешного вовлечения транспортируемого материала в разгрузочную трубу пневмокамерного насоса и для придания скорости пылевоздушной среды в транспортируемом тракте. При расчете пневмотранспорта следует большое внимание уделять силам, действующим на псевдоожигженный материал, а также на скорости, которые необходимо придавать материалу в определенные моменты процесса псевдоожигжения. В статье приведены уравнения для расчета минимальной и максимальной скоростей псевдоожигжения, а также рассмотрены силы, действующие на материал в пневмокамерном насосе.

Ключевые слова: пневмокамерный насос, псевдоожигжение, псевдоожигженный слой, скорость движения, скорость витания, двухфазная среда.

Введение. Псевдоожигжение – это переходное состояние между неподвижным слоем материала и уносом материала потоком газа. Псевдоожигжение наступает в определенном диапазоне скоростей протекания газа через слой, а именно от некоторой минимальной скорости до скорости витания частиц материала, при которой возникает их унос.

В неподвижном слое тонкодисперсного материала, например, цемента, свободный объем и свободное сечение (просвет) между частицами малы. Поэтому и скорость течения воздуха между частицами значительно больше средней скорости, отнесенной ко всему сечению слоя. Если средняя скорость повышается, то скорость течения газа между частицами возрастает настолько, что под действием потока газа (и прежде всего сил, вызываемых вязкостью газа) частицы срываются и всплывают в потоке газа. Частицы стремятся покинуть слой, однако при их движении увеличивается свободный объем в слое и свободное сечение для протекания газа [1, 8]. Это приводит к снижению скорости восходящего потока и стабилизации толщины слоя.

Основная часть. Считается, что слой мелкозернистого (сыпучего) материала являются псевдоожигженными лишь постольку, поскольку имеется четко определенная верхняя граница или поверхность слоя. Однако, когда при достаточно высокой скорости потока газа повышается скорость движения частиц, верхняя граница слоя исчезает, унос становится заметным и частицы выносятся из слоя с потоком огибающего агента. В этом случае мы имеем псевдоожиг-

женный слой в разбавленной фазе с пневмотранспортом частиц [2, 7].

Рассмотрим нижнюю часть пневмокамерного насоса, где находится основной элемент псевдоожигжения – аэрационное устройство (рисунки 1). Под действием воздуха, выходящего из сопел аэрационного устройства, создается псевдоожигженный слой. Псевдоожигженный слой материала отличается, прежде всего, тем, что при увеличении его объема частицы отделяются друг от друга под действием протекающего газа (сжатого воздуха), вследствие чего внутреннее трение в слое снижается настолько, что материал приобретает свойства жидкости.

Рассмотрим слой материала, который находится в пневмокамерном насосе выше псевдоожигженного слоя. Этот слой подвержен действию сил тяжести, напорных сил и силы реакции работы аэрационного устройства.

Если через слой материала не проходит какой-либо газ, то на этот слой действует сила тяжести и сила реакции [1]. Для определения величины реакции служит выражение

$$R_n = Q_m. \quad (1)$$

При фильтрации сжатого воздуха через слой материала он должен преодолевать сопротивление, вызываемое трением о поверхность частиц материала в тонких поровых каналах между ними (рассматриваем нижнюю часть неподвижного слоя материала, лежащую выше псевдоожигженного слоя). На слой материала действует перепад давления, а также и напорная сила P . Величина реакции слоя определяется из следующего равновесия

$$R_n = Q_m - P = Q_m - F(p_1 - p_2)g, \quad (2)$$

где F - площадь сечения камеры, м^2 ; p_1 - давление ниже псевдооживленного слоя, Па ; p_2 - давление над уровнем слоя, Па .

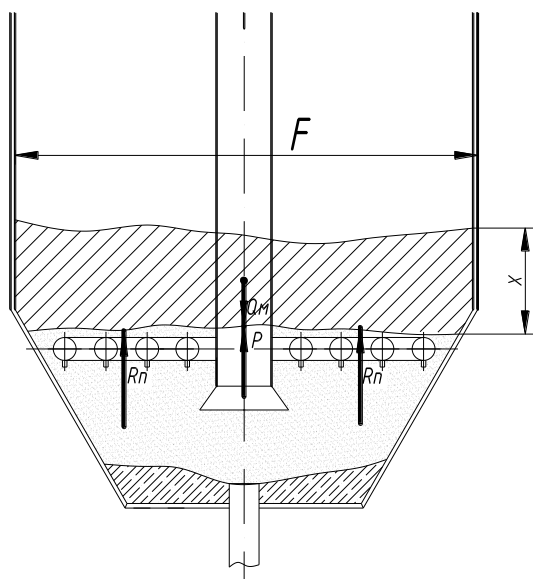


Рис. 1. Силы, действующие на спокойный слой материала: R_n - сила реакции работы аэрационного устройства, Q_m - сила тяжести материала, P - напорная сила, x - высота слоя материала, F - площадь сечения камеры насоса

Если через слой материала не проходит какой-либо газ, то на этот слой действует сила тяжести и сила реакции [1]. Для определения величины реакции служит выражение

$$R_n = Q_m. \quad (1)$$

При фильтрации сжатого воздуха через слой материала он должен преодолевать сопротивление, вызываемое трением о поверхность частиц материала в тонких поровых каналах между ними (рассматриваем нижнюю часть неподвижного слоя материала, лежащую выше псевдооживленного слоя). На слой материала действует перепад давления, а также и напорная сила P . Величина реакции слоя определяется из следующего равновесия

$$R_n = Q_m - P = Q_m - F(p_1 - p_2)g, \quad (2)$$

где F - площадь сечения камеры, м^2 ; p_1 - давление ниже псевдооживленного слоя, Па ; p_2 - давление над уровнем слоя, Па .

Вес слоя складывается из веса частиц материала и веса газа, содержащегося между частицами. В единице объема слоя свободный объем, занимаемый газом, равен ε . Тогда объем, занимаемый частицами, равен $1 - \varepsilon$ (ε - пористость или газосодержание, безразмерная вели-

чина, указываемая обычно в процентах) [5]. Вес частиц материала равен

$$Q_m = (1 - \varepsilon) \cdot F \gamma_m x g, H, \quad (3)$$

а вес газа (сжатого воздуха) в слое

$$Q_g = \varepsilon F \gamma_g x g, H, \quad (4)$$

где γ_m и γ_g - объемная масса материала и воздуха соответственно, $\text{кг}/\text{м}^3$; g - ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2$; x - высота слоя материала, м .

Общий вес слоя определяется по формуле

$$Q = Q_m + Q_g = [(1 - \varepsilon) \cdot \gamma_m + \varepsilon \cdot \gamma_g] \cdot F x g, H. \quad (5)$$

Перепад давлений, вызванный трением газа при прохождении его через слой материала, определяется выражением

$$p_1 - p_2 = 2k'_g \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \cdot \frac{v_F^2 \gamma_g}{g d} \cdot x, \text{Па}, \quad (6)$$

где k'_g - коэффициент, зависящий от режима течения воздуха в поровых каналах, то есть от числа Рейнольдса, Re ; v_F - скорость, отнесенная ко всему сечению слоя, $\text{м}/\text{с}$; d - средний диаметр частиц материала, м .

Число Рейнольдса определяется по формуле [3].

$$\text{Re} = \frac{v_F d \gamma_g}{\mu g} \cdot \frac{1}{(1 - \varepsilon)} \quad (7)$$

где μ - динамическая вязкость воздуха, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Тогда для перепада давления получаем выражение

$$p_1 - p_2 = 18\pi^2 \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\mu v_F x}{d^2}. \quad (8)$$

При расчете перепада давления исходили из того, что частицы материала имеют сферическую форму. Для реального материала, например, цемента, состоящего из частиц различных размеров и форм, в формуле (8) вместо d следует брать среднеповерхностный размер частиц d_{cp}

$$\frac{1}{d_{cp}} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{d_i}, \quad (9)$$

где X_i - массовая доля i -ой фракции со средним размером d .

При повышении скорости течения газа перепад давлений в неподвижном слое материала возрастает до тех пор, пока напорная сила, действующая на слой, не станет равной его весу. Тогда сила реакции, возникающая в результате работы аэрационного устройства будет равна нулю, а вес слоя материала определяется формулой (5).

Рассмотрим разгрузку пневмокамерного насоса, подходящую к концу. В этом случае весь остающийся в камере материал находится в псевдооживленном состоянии, и на него действует воздух, находящийся в камере насоса. Для упрощения расчетов примем высоту камеры насоса равной исходной высоте x слоя материала, тогда

$$Q_g = \gamma_g F x g, \quad (10)$$

а вес частиц материала в слое определяется выражением

$$Q - Q_g = (1 - \varepsilon) \cdot (\gamma_m - \gamma_g) F x g. \quad (11)$$

В свою очередь для перепада давления получим

$$(p_1 - p_2) \cdot F g = (1 - \varepsilon) \cdot (\gamma_m - \gamma_g) F x g; \quad (12)$$

$$(p_1 - p_2) = (1 - \varepsilon) \cdot (\gamma_m - \gamma_g) x.$$

Подставив выражение (12) в формулу (8), получим выражение для скорости, необходимой для поддержания материала в псевдооживленном состоянии

$$v_{F \min} = \frac{1}{18\pi^2} \cdot \frac{d_{cp}^2}{\mu} \cdot (\gamma_m - \gamma_g) \cdot \frac{\varepsilon_m^3}{1 - \varepsilon_m}, \text{ м/с.} \quad (13)$$

Эта скорость является минимальной скоростью псевдооживления. Ее значение зависит от минимального значения пористости материала ε_m , которая устанавливается в результате действия на загрузку материала собственного веса и давления сжатого воздуха, подаваемого в верхнюю часть камеры. Для типичных условий работы пневмокамерного насоса $\varepsilon_m \approx 0,4$. В реальных условиях псевдооживление материала ведется в стесненных условиях, поэтому приведенная скорость оживающего воздуха выше $v_{F \min}$ и должна уточняться опытным путем [4, 6].

Выводы. Приведенное соотношение для минимальной скорости псевдооживления материала в камере пневмокамерного насоса определяет остальные факторы, влияющие на процесс псевдооживления и позволяет оценить рас-

ход сжатого воздуха, необходимого для работы пневмокамерного насоса.

**Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства Образования РФ на 2014–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урбан Я. Пневматический транспорт. Под ред. Л.М. Шведова. М.: Машиностроение, 1967. 253 с.
2. Кунии Д. Промышленное псевдооживление / Д. Кунии, О. Левеншпиль. Под ред. чл.-корр. АН СССР М.Г. Слинько и канд. хим. наук. Г.С. Яблонского. М.: Издательство «Химия», 1978. 447 с.
3. Труды всесоюзного научно-исследовательского института подъемно-транспортного машиностроения ВНИИПТ-МАШ. Методика расчета установок пневматического транспорта. Под редакцией Сегаль И.С. Москва. 1962 г. 131 с.
4. Вельшоф Г. Пневматический транспорт при высоких концентрациях перемещаемого материала. М.; Колос, 1964. – 156 с.
5. Артыков Н.А. Пневмотранспорт легкоповреждаемых материалов. Ташкент: Фан, 1984. 152 с.
6. Василевский М.В. Транспортировка и осаждение частиц в технологиях переработки дисперсных материалов: монография / М.В. Василевский, В.И. Романдин, Е.Г. Зыков. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 288 с.
7. Зарницына Э.Г. Вентиляционные установки и пневмотранспорт: учебное пособие / Э.Г. Зарницына, О.Н. Терехова. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. 228 с.
8. Шишкин С.Ф., Гаврилюк Д.Н. Расчет высоконапорного пневмотранспорта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №3. С. 114–117.

Ламнауэр Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Украинская инженерно-педагогическая академия

РАСЧЕТ ОБОБЩЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛИ

lamnaouernatali@mail.ru

Повышение качества продукции машиностроения является актуальной проблемой в современных условиях рынка. Основная задача технологии машиностроения, как науки, состоит в разработке теории технологического обеспечения и в повышении качества изделий машиностроения. Высокое качество продукции машиностроения может быть достигнуто благодаря применению новых методов управления качеством.

В статье уделено внимание научно-техническим методам управления качеством продукции, в состав которых входят вероятностно-статистические методы. Эти методы имеют большую популярность при оценке качества изделий машиностроения.

Исследования показали, что применение предложенного метода расчета обобщенного показателя качества детали с использованием дискретной смеси нормализованных асимптотических распределений наименьшего и наибольшего значений первого типа, дает более высокую точность оценки по сравнению с используемыми ранее методами.

Ключевые слова: качество, управление, деталь, оценка, вероятностно-статистические методы.

Введение. Качество изделия зависит от многих факторов и имеет множество показателей. [1]. Оценка качества деталей выполняется по показателям качества. Однако многие из них имеют разную размерность. Приведение показателей качества к безразмерному показателю проводилось Харрингтоном [2]. Для расчета обобщенного показателя качества применяются оценки средневзвешенного арифметического, средневзвешенного геометрического или средневзвешенного гармонического показателя качества [3]. Использование коэффициентов весовости, которые определяются экспертным путем и со временем меняются, приводит к необъективной оценке качества [4].

Так как метод Харрингтона даёт заниженное значение параметра качества, то наряду с нормализованным асимптотическим распределением наибольшего значения первого типа применим распределение наименьшего значения первого типа [5].

Методология. Метод расчета обобщенного показателя качества детали строится на основе расчетных формул, которые получены с использования вероятностно-статистических методов.

Основная часть. Харрингтон [2] предполагает, что полученные значения, которые выявляются с помощью экспертных и не экспертных оценок показателя качества, явно завышены. Поэтому может быть применено предельное асимптотическое распределение первого типа [5]:

$$\Phi_1(x) = \exp(-\exp(-x)) \quad (-\infty < x < \infty) \quad (1)$$

Это нормализованное распределение не имеет параметров. Поэтому возможен достаточно простой переход от значения параметра к

вероятности, которая определяет качество объекта. Это позволяет привести показатели качества для их оценок к общей безразмерной единице измерения в относительных величинах.

Поскольку вероятность попадания случайной величины в интервал $(-3; 3)$ для модели (1) равна 0,951, то, по Харрингтону [2], максимальное значение соответствует числу 3, а минимальное -3.

Перерасчет нормированной величины x предлагаем провести через значение параметра качества в натуральных единицах измерения величины R по формуле деления отрезка в данном отношении [6]:

$$x = (-3 + 3\lambda) / (1 + \lambda),$$

где $\lambda = (R - \min R) / (\max R - R)$, и $\max R$, $\min R$ – соответственно минимальная и максимальная экспертная оценка показателя качества.

Расчет показателя качества детали по полученным значениям геометрически представлен на рисунке 1.

Предполагая, что это значение параметра качества явно занижено, также можно применить предельное нормализованное асимптотическое распределение наименьшего значения первого типа [5]:

$$\Phi_2(x) = 1 - \exp(-\exp(x)) \quad (-\infty < x < \infty). \quad (2)$$

Применение данного распределения даст нам завышенную оценку качества объекта. Отметим, что не всякие распределения одновременно могут иметь асимптотическое распределение наибольшего и наименьшего значения первого типа. Но такие распределения существуют, так, например, это нормальное и ряд других [7].

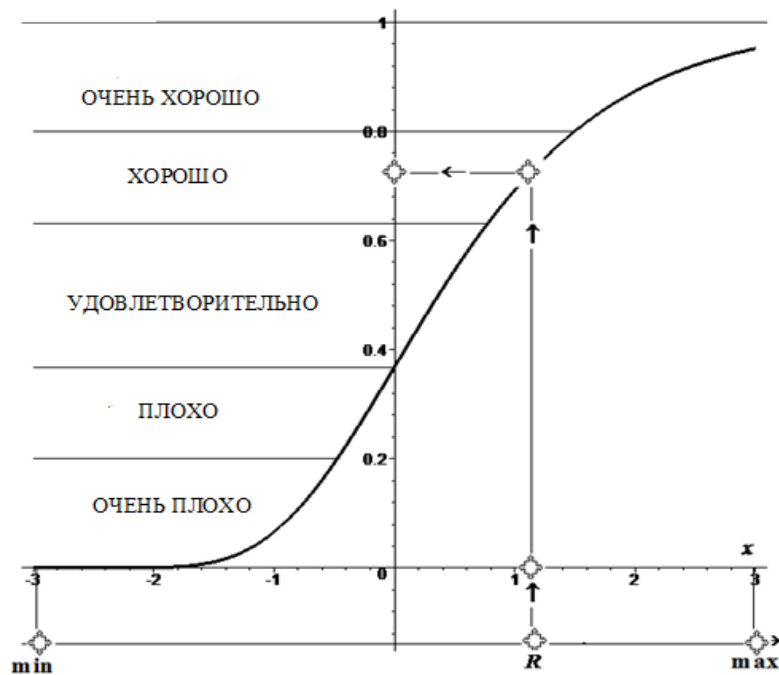


Рис. 1. Геометрическое представление оценки параметра качества детали по методу Харрингтона с применением аффинных преобразований

Для ограниченных распределений случайная переменная имеет верхнюю и нижнюю границы, которая, тем самым, служит верхней границей для наибольшего значения, или нижней границей для наименьшего.

Принимая, что качество параметра имеет асимптотическое распределение наибольшего и наименьшего значения первого типа, получаем как завышенное, так и заниженное значение ка-

чества детали, то есть интервал качества при любой допустимой гарантии. Задаваясь разной гарантией или долей необходимого качества детали, возможна точечная его оценка. Получение данной оценки использует дискретную смесь и ее свойства [8]. В этом случае при заданной или найденной доле необходимого качества p , где $0 \leq p \leq 1$, имеем оценку показателя качества K_j

$$K_j = p \cdot \exp(-\exp(-x)) + (1 - p) \cdot (1 - \exp(-\exp(x))). \quad (3)$$

На рисунке 3.2 представлены графики показателя качества K_j при разных значениях доли качества p .

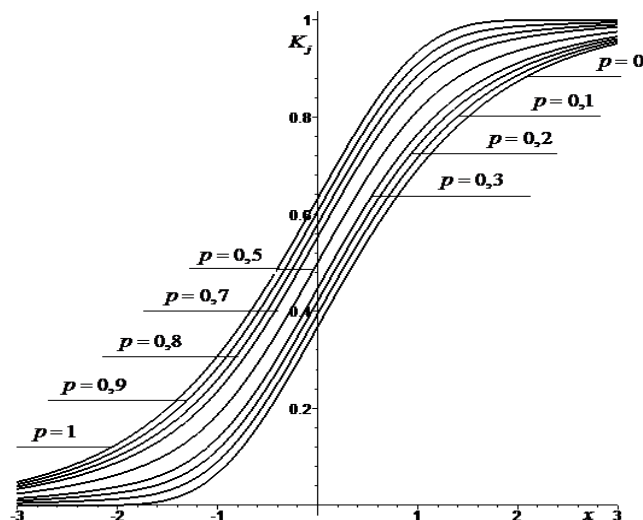


Рис. 2. Показатель качества K_j при разных значениях доли качества p

Отметим, что дискретная смесь распределений случайных величин (3) есть функция распределения [8]. Отсюда имеем, что данная функция распределения случайной величины X имеет плотность распределения:

$$f(x) = p \cdot \exp(-x - e^{-x}) + (1 - p) \cdot \exp(x - e^x) \quad (4)$$

На рисунке 3 представлен график модели (4) при $p = 0,1$

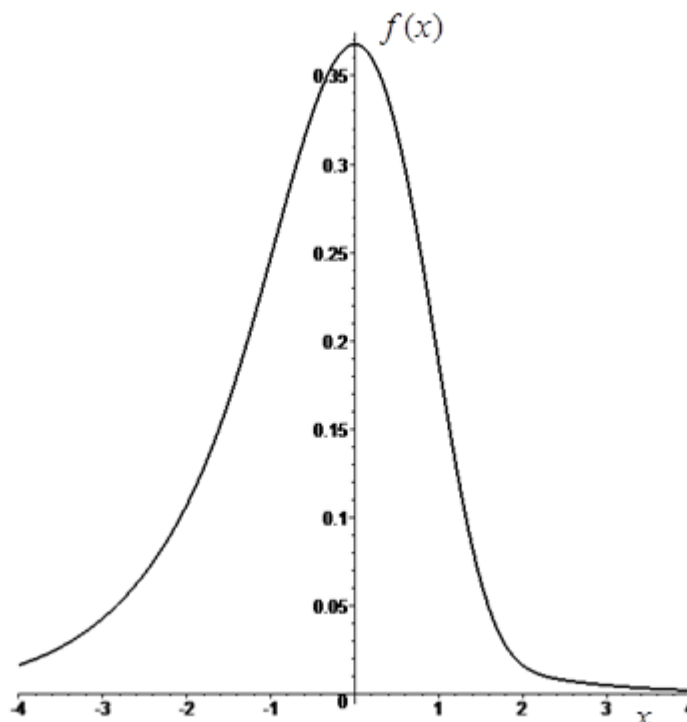


Рис. 3. График плотности распределения (4) при параметре $p = 0,1$.

Для полученной модели (3) найдем числовые характеристики.

Так как для предельного распределения наибольшего члена выборки (1) математическое ожидание: $M(X) = C$ - (постоянная Эйлера) $= 0,5772157\dots$, а дисперсия: $D(X) = \pi^2 / 6 - C^2$ [9], то для модели (4) с использованием дискретной смеси математическое ожидание:

$$M(X) = pC - (1 - p)C \quad (5)$$

Параметр p может быть найден по методу моментов, где математическое ожидание $M(X)$ приравнивается к выборочному среднему $\bar{x} = \sum_{i=1}^l x_i / l$, l - число экспериментов показателя качества.

Отсюда, оценка линейного коэффициента p имеет вид:

$$p = \frac{\bar{x} + C}{2C} \quad (6)$$

Для нахождения верхней и нижней границы нормированного значения x по одному эксперименту, с надежностью 0,99 примем, что $p = 0,5$, так как не может быть как сверх плохого, так и сверх хорошего качества. Для этого решим уравнение:

$$(\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x))) / 2 = 0,99$$

Решение данного уравнения дает нам значение $x = 3,901938658$. Отсюда имеем, что практический интервал изменения значения x имеет вид: $(-3,9; 3,9)$. Данный интервал можно пересчитать, если будет найдено p из решения уравнения:

$$p \cdot \exp(-\exp(-x)) + (1 - p) \cdot (1 - \exp(-\exp(x))) = 0,99 \quad (7)$$

Для нахождения нормированного значения случайной величины по одному эксперименту применяем аффинные преобразования [6], которые сохраняют отношение деления отрезка в данном отношении:

$$x = (-3,9 + 3,9\lambda) / (1 + \lambda). \quad (8)$$

Для нескольких экспериментов показателя качества нормированного значения случайной величины x в формуле (8) заменяем число 3,9 на число, полученное из решения уравнения (7).

Отсюда, применяя формулы (1), (2) и найденное x по формуле (8), находим интервальную оценку качества фактора, а применяя формулу (3) - точечную оценку качества.

Получив формулу для определения обобщенного показателя качества с использованием дискретной смеси, можно предложить метод его расчета:

1. С использованием принципа Парето [10] выявить наиболее влияющие на качество изделия его параметры.

2. Для оценки каждого показателя предлагается провести 3 эксперимента.

3. По формуле $\bar{x} = \sum_{i=1}^3 x_i / 3$ найти среднее значение каждого из показателей качества.

4. По формуле $p = \frac{\bar{x} + C}{2C}$ найти линейный коэффициент для оценки каждого показателя K_j .

5. Применяя формулу деления отрезка в данном отношении, определить нормированные значения x для каждого показателя.

6. Подставить полученные данные в формулу:

$$K_j = p \cdot \exp(-\exp(-\bar{x})) + (1 - p) \cdot (1 - \exp(-\exp(\bar{x})))$$

и получить K_j

7. Оценить комплексный показатель качества с использованием формулы $K = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m K_j}$,

где m - количество показателей качества детали или по формуле $K = \min_{1 \leq j \leq m} K_j$.

Выводы. В ходе проведения исследований было предложено для оценки обобщенного показателя качества детали применять расчетную формулу с использованием дискретной смеси нормализованных асимптотических распределений наименьшего и наибольшего значений

первого типа. Получена оценка линейного коэффициента для формулы дискретной смеси с использованием метода моментов. Используя полученные результаты, предложен метод оценки обобщенного показателя качества детали, обеспечивающий высокую точность оценки. Все это позволяет решать задачи, связанные с управлением качества в машиностроении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лавриненко М.З. Технология машиностроения и технологические основы автоматизации. К: «Вища школа», 1982. 320 с.
2. Harrington, E.C. The Desirability Function. Industrial Quality Control, April 1965. С. 494-498.
3. Шор Я.Б. Методы комплексной оценки качества продукции. М: «Знание», 1971. 57 с.
4. Ламнауэр Н.Ю. Обобщенный показатель качества сборки изделия // Машинобудування. Збірник наукових праць. Українська інженерно-педагогічна академія. 2010. №6. С. 206-215.
5. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. М: Мир. 1965. 450 с.
6. Смирнов Ю.М. Курс аналитической геометрии. Издательство: Едиториал УРСС, 2011г. 222 с. ISBN: 978-5-354-01400-2.
7. Кендалл М., Старт А. Теория распределений: Пер. с англ./ Под ред. А.Н. Колмогорова. М.: «Наука». Главная редакция физ.-мат. литературы. 1966. 588 с.
8. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие. - 2-е изд., исправл. и доп. М.: Физматлит, 2002. 496 с. ISBN: 5-9221-0254-0.
9. Дейвид Г. Порядковые статистики. М: Наука. 1979. 337с.
10. Ефимов В.В. Управление качеством: Учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ. 2000. 141 с. ISBN 5-89146-168-4.

Шрубченко И.В., д-р техн. наук, проф.,
Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Мурыгина Л.В., канд. техн. наук,
Щетинин Н.А., аспирант,
Гончаров М.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАКРЫЛКА БАНДАЖА ПРИ ЕГО РЕКОНСТРУКЦИИ ВО ВВАРНОЙ ТИП

shrubens@yandex.ru

На кафедре технологии машиностроения БГТУ им. В.Г. Шухова разработана технология, предполагающая реконструкцию бандажей типа «П» – в тип «В» непосредственно на месте их эксплуатации. Проведение таких работ позволит существенно снизить затраты по замене бандажей.

Суть метода – выполнение на торцевых поверхностях бандажей специальных фасонных кольцевых проточек для последующего соединения с корпусом ТБ. Ранее были проведены исследования по определению оптимальной их формы.

Для возможности моделирования процесса изготовления фасонных кольцевых проточек заданной формы была разработана программа для ЭВМ.

Эта программа позволяет сформировать диаграмму зависимости погрешности закрылка от углового положения резца при обработке резанием.

Ключевые слова: бандаж, фасонные кольцевые проточки, закрылок, бесцентровая схема, моделирование обработки.

В настоящее время на опорах технологических барабанов (ТБ) применяют два вида бандажей: тип «П» – плавающие и тип «В» – вварные (рис. 1). Вварные бандажи более надежны в

работе, требуют меньше затрат на обслуживание и ремонт, поэтому многие из предприятий постепенно заменяют бандажи типа «П» на тип «В».

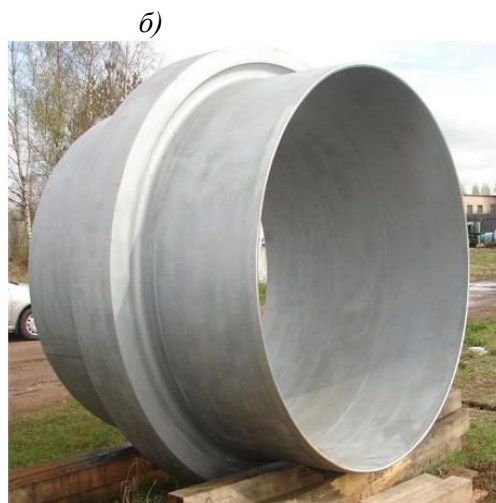


Рис. 1. Конструкции бандажей, применяемых на опорах вращающейся ТБ:
а) бандаж типа «П»; б) бандаж типа «В»

Однако вварные бандажи, которые выпускает промышленность не достаточно технологичны в изготовлении, так как имеют сложную конструкцию, поэтому оказываются на порядок дороже по сравнению с бандажами типа «П» [1–5]. На кафедре технологии машиностроения БГТУ им. В.Г.Шухова разработана технология, предполагающая не замену, а реконструкцию бандажей типа «П» – в тип «В» непосредственно на месте их эксплуатации. Проведение таких работ позволит существенно снизить затраты по замене бандажей, повысит надежность и ресурс

их работы. Предложено на торцевых поверхностях бандажей выполнять специальные фасонные кольцевые проточки и формировать закрылок для последующего соединения с корпусом ТБ. Проведенные ранее исследования [6–8] показывают, что оптимальной формой таких проточек является удлиненная форма в виде полуокруга с наклонными нижней и верхней гранями. Форма, размеры и относительное положение формируемой кольцевой проточки представлены на рис. 2.

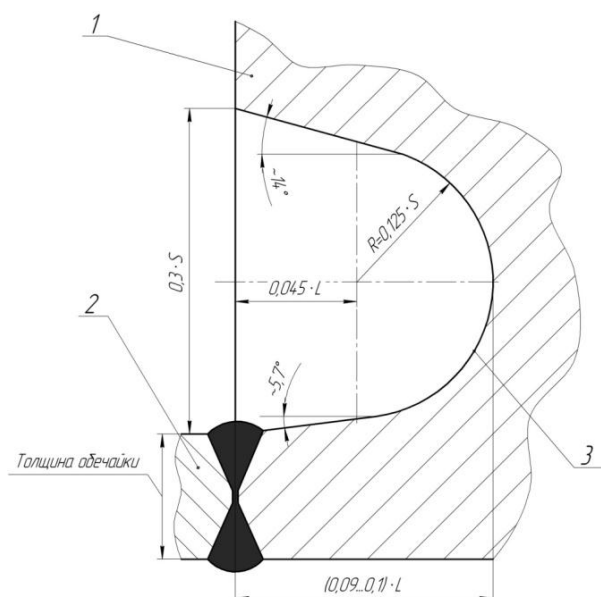


Рис. 2. Конфигурация кольцевых фасонных проточек, которые требуется сформировать на торцевых поверхностях бандажа при его реконструкции

Обработку торцевых поверхностей бандажей предполагается выполнять с использованием мобильных технологий и мобильного оборудования. Так как обработка предполагает бесцентровую схему, то при неправильно вводимых режимах, возможно получение значительной погрешности. Для возможности моделирования процесса обработки разработана программа для ЭВМ [9, 10]. Процедуру расчета основных параметров обработки предложено осуществлять в системе MATLAB, так как это позволяет представить результаты расчета в удобной форме. Алгоритм расчета погрешности закрывка при моделировании обработки включает:

- Задание исходных данных и формирование исходных поверхностей:

Исх. данные

Число точек на градус: $N := 1$
 Диаметр бандажа [мм]: $Db := 6100$ $db := 5300$
 Толщина закрывков: $f := 80$
 Радиус ролика [мм]: $R_{po} := 850$

Расчет формы бандажа:

$a := 3050$

Given

$R\delta > 0$

$$R\delta^2 = a^2 + \Delta^2 - 2 \cdot a \cdot \Delta \cdot \cos(\beta)$$

$$Rbr(R\delta, \Delta, \beta) := \text{Find}(a)$$

$$Rbr(3050, 5, 180 \cdot \text{deg}) = 3.045 \times 10^3$$

$$i := 0..360 \cdot \frac{N}{2} - 1$$

$$R_i := Rbr\left(\frac{Db}{2}, 5, \frac{i}{N} \cdot \text{deg}\right)$$

$$r_i := Rbr\left(\frac{db}{2}, 5, \frac{i}{N} \cdot \text{deg}\right)$$

$$i := 360 \cdot \frac{N}{2}..360 \cdot N - 1$$

$$R_i := \frac{Db}{2} \quad r_i := \frac{db}{2}$$

Точки для расчета: $i := 0..360 \cdot N - 1$

Исх. данные

Исходные данные включают: D_ϵ – диаметр поверхности качения бандажа; d_ϵ – диаметр посадочной поверхности бандажа; N – число точек, характеризующих поверхность, на один градус; f – толщина формируемого закрывка; R_{po} – радиус опорных роликов. Возможно задание различной исходной формы, как поверхности качения, так и посадочной поверхности (рис. 3).

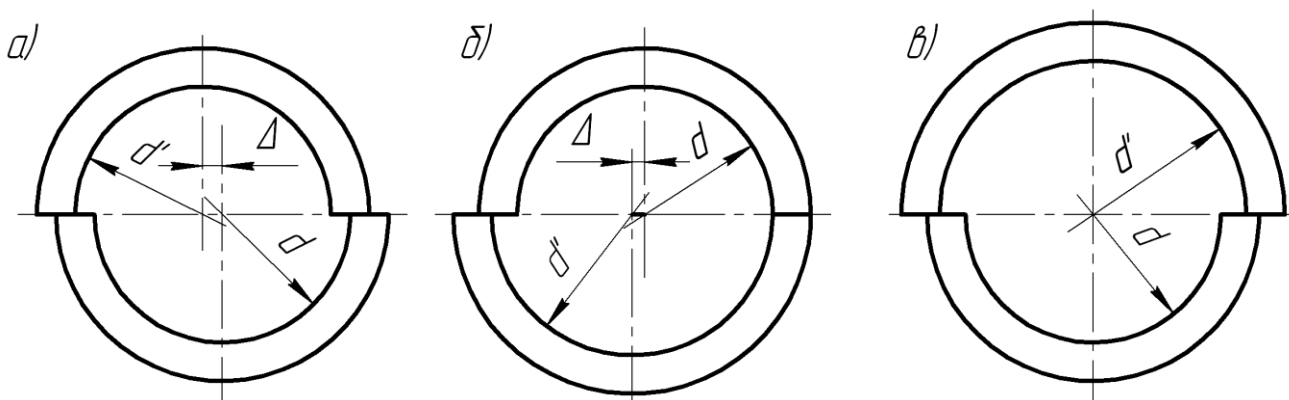


Рис. 3. Некоторые варианты формы базовых поверхностей бандажей, задаваемых при моделировании:

- а) со смещением полуколец одинакового диаметра; б) с полукольцами различного диаметра;
- в) с симметричным расположением полуколец различного диаметра

- Вычисление значений и построение эквидистанты к поверхности качения бандажа.

☒ Расчет

Построение эквидистанты к поверхности бандажа:

Ekvid(R) :=
MATLAB®
 (N R Rpo)

Ekv(R) := Ekvid(R)^T

Текст процедуры на языке **MATLAB**

```
deg=pi/180;
fpe=-90*deg;
fec(1:360*N*2)=0;
Rec(1:360*N*2)=0;
R(360*N+1)=R(1);

for j=1:360*N
    % нашли xec yec
    x1=R(j)*cos(j/N*deg);          y1=R(j)*sin(j/N*deg);
    x2=R(j+1)*cos((j+1)/N*deg);      y2=R(j+1)*sin((j+1)/N*deg);
    dx=x2-x1;                        dy=y2-y1;
    a=atan(dy/dx)-pi/2;              if dx<0;    a=pi+a;          end;

    xec=x1+Rpo*cos(a);               yec=y1+Rpo*sin(a);
    Rec(j*2-1)=sqrt(xec^2+yec^2);    fec(j*2-1)=atan(yec/xec)+2*pi;
    if xec<0; fec(j*2-1)=pi+fec(j*2-1); end;
    fec(j*2-1)=fec(j*2-1)/deg*N;

    xec=x2+Rpo*cos(a);               yec=y2+Rpo*sin(a);
    Rec(j*2)=sqrt(xec^2+yec^2);      fec(j*2)=atan(yec/xec)+2*pi;
    if xec<0; fec(j*2)=pi+fec(j*2); end;
    fec(j*2)=fec(j*2)/deg*N;

end;
f=fec;
R=Rec;
out(1:360*N)=0;
ftmp=[];    ftmp=f;
Rtmp=[];    Rtmp=R;

rows=size(Rtmp);
rows=rows(2);

Rtmp(rows+1)=Rtmp(1);
ftmp(rows+1)=ftmp(1);

for j=1:rows;
    %f1=mods(ftmp(j),360*N);

    f1=ftmp(j)-360*N*fix(ftmp(j)/(360*N));    if f1==0;    f1=360*N;    end;

    %f2=mods(ftmp(j+1),360*N)
    f2=ftmp(j+1)-360*N*fix(ftmp(j+1)/(360*N));    if f2==0;    f2=360*N;    end;

    if (f1>f2) & (f1-f2>180*N);        f2=f2+360*N;    end;
    if (f1<f2) & (f2-f1<180*N)
        delta = (Rtmp(j+1)-Rtmp(j))/((f2-f1));
        start = f1;
        f1=fix(f1+0.9);
        while f1<f2
            %i=mods(f1,360*N);
            i=f1-360*N*fix(f1/(360*N));
            if i==0; i=360*N; end;
            if out(i)<Rtmp(j)+delta*(f1-start);
                out(i)=Rtmp(j)+delta*(f1-start); end;
            f1=f1+1;
        end;
    end;
end;
end;
```

При выполнении расчета формируется матрица значений радиусов эквидистанты осей опорных роликов. Чтобы предварительно оценить результаты расчета на данной стадии моделирования и исключить вероятность появления

ошибок, может осуществляться визуализация процесса формирования эквидистанты осей опорных роликов. На экран выводятся контуры базовых поверхностей, а также контур эквидистанты (рис.4).

$$Rekv := Ekv(R)$$

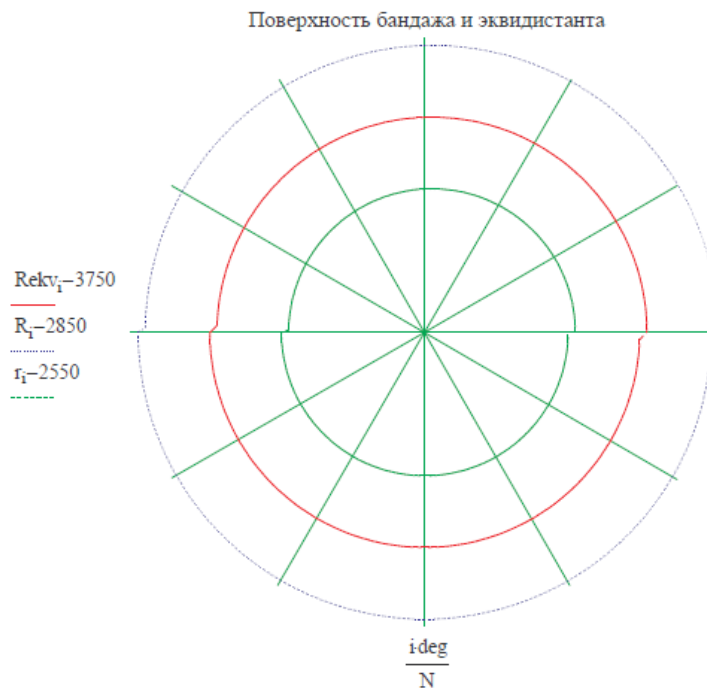


Рис.4. Визуализация формирования эквидистанты к поверхности качения бандажа

- Вычисление положения оси второго опорного ролика.
- Вычисление положения вершины резца в декартовой системе координат.

$$\begin{aligned} \text{top2}(R, i1, L) := & \begin{cases} x1 \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ y1 \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ i1 \leftarrow i1 + 1 \\ i1 \leftarrow \begin{cases} i1 & \text{if } i1 \leq 360 \cdot N - 1 \\ i1 - (360 \cdot N - 1) & \text{otherwise} \end{cases} \\ xsl \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ ysl \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ \Delta L \leftarrow \sqrt{(xsl - x1)^2 + (ysl - y1)^2} \\ \text{while } \Delta L < L \\ \quad \begin{cases} i1 \leftarrow i1 + 1 \\ i1 \leftarrow \begin{cases} i1 & \text{if } i1 \leq 360 \cdot N - 1 \\ i1 - (360 \cdot N - 1) & \text{otherwise} \end{cases} \\ xsl \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ ysl \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ \Delta L \leftarrow \sqrt{(xsl - x1)^2 + (ysl - y1)^2} \end{cases} \\ \text{if } i1 - 1 \text{ if } i1 - 1 \geq 0 \\ \quad 360 \cdot N + i1 & \text{otherwise} \\ xpr \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ ypr \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ A \leftarrow \sqrt{(xsl - x1)^2 + (ysl - y1)^2} \\ B \leftarrow \sqrt{(xsl - xpr)^2 + (ysl - ypr)^2} \\ C \leftarrow \sqrt{(xpr - x1)^2 + (ypr - y1)^2} \\ \phi \leftarrow \arccos\left(\frac{B^2 + C^2 - A^2}{2 \cdot B \cdot C}\right) \\ \Delta \leftarrow \max \left[\text{polyroots} \left(\begin{pmatrix} C^2 - L^2 \\ -2 \cdot C \cdot \cos(\phi) \\ 1 \end{pmatrix} \right) \right] \\ \begin{pmatrix} xpr + \Delta \cdot \frac{xsl - xpr}{B} \\ ypr + \Delta \cdot \frac{ysl - ypr}{B} \end{pmatrix} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} XYn(R, i1, x2, y2, XY) := & \begin{cases} x1 \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ y1 \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ \gamma \leftarrow \gamma(R, i1, x2, y2, L) \\ \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \leftarrow \begin{pmatrix} \cos(\gamma) & -\sin(\gamma) \\ \sin(\gamma) & \cos(\gamma) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} XY_0 \\ XY_1 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} x + x1 \\ y + y1 \end{pmatrix} \end{cases} \end{aligned}$$

- Вычисление положения вершины резца в системе координат опоры станда.

$$\begin{aligned} L := & \begin{cases} x1 \leftarrow R_0 \cdot \cos(0 \cdot \text{deg}) \\ y1 \leftarrow R_0 \cdot \sin(0 \cdot \text{deg}) \\ i1 \leftarrow 1 \\ xsl \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ ysl \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ \Delta L \leftarrow \sqrt{(xsl - x1)^2 + (ysl - y1)^2} \\ \text{while } \Delta L < L \\ \quad \begin{cases} i1 \leftarrow i1 + 1 \\ i1 \leftarrow \begin{cases} i1 & \text{if } i1 \leq 360 \cdot N - 1 \\ i1 - (360 \cdot N - 1) & \text{otherwise} \end{cases} \\ xsl \leftarrow R_{i1} \cdot \cos\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ ysl \leftarrow R_{i1} \cdot \sin\left(\frac{i1}{N} \cdot \text{deg}\right) \\ \Delta L \leftarrow \sqrt{(xsl - x1)^2 + (ysl - y1)^2} \end{cases} \\ i0 \leftarrow \text{round}\left(\frac{i1}{2}\right) \\ ir \leftarrow i0 + \alpha \cdot N \end{cases} \end{aligned}$$


```

ir ← | ir if ir ≤ N · 360 - 1
      | ir - (N · 360 - 1) otherwise
(x2
y2) ← iop2(R, 0, L)
γ ← γs(R, 0, x2, y2, L)
xr ← (rir + f) · cos( ir
N · deg)
yr ← (rir + f) · sin( ir
N · deg)
xr ← xr - x1
yr ← yr - y1
(x
y) ← (cos(-γ) -sin(-γ)
sin(-γ) cos(-γ)) · (xr
yr)
(x
y)

```

- Вычисление параметров траектории перемещения вершины резца.

Функция для расчета точек траектории инструмента:

```

Tr(R, L, α) := | Rekv ← Ekv(R)
                | A ← XYrs(Rekv, r, α, L)
                | i1 ← 0
                | (x2
                | y2) ← iop2(Rekv, i1, L)
                | XY ← XYr(Rekv, i1, x2, y2, A)
                | ir ← φr(XY)
                | ir ← ir - 1
                | for i ∈ 0..360 · N - 1
                | | i1 ← i
                | | (x2
                | | y2) ← iop2(Rekv, i1, L)
                | | ir ← ir + 1
                | | ir ← | ir if ir ≤ 360 · N - 1
                | | | ir - (360 · N) otherwise
                | | XY ← XYr(Rekv, i1, x2, y2, A)
                | | TRir ← √((XY0)2 + (XY1)2)
                | TR

```

- Расчет погрешности формируемого при обработке закрылка.

```

OTK(R, r, L, α) := | T ← Tr(R, L, α)
                  | A ← T - r
                  | max(A) - min(A)

k := 0,1..359
ααk := 1 · k + 90
OTk := OTK(R, r, 3900, ααk)

```

Выполняя вышеприведенную процедуру вычислений при различных угловых положениях резца относительно опорных роликов, формируется диаграмма зависимости погрешности закрылка от углового положения резца (рис.5)

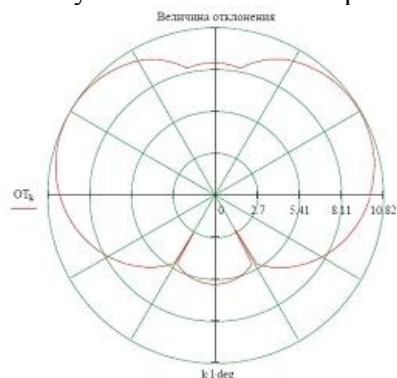


Рис.5. Диаграмма зависимости погрешности размера закрылка от углового положения обрабатываемого инструмента

- Построение диаграммы зависимости погрешности размера закрылка от углового положения обрабатываемого инструмента, а также от угла взаимного расположения опорных роликов.

Расчет величин отклонения для построения номограмм:

Размер матрицы: n1 := 45 n2 := 45

kk := 0..n1 kkk := 0..n2

αα_{kk} := 180 / n1 · kk

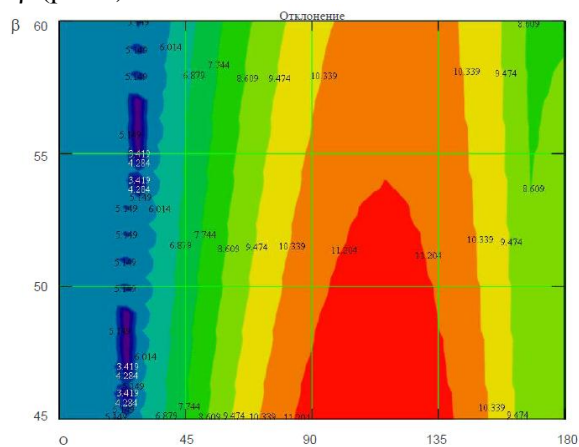
$$L_{kkk} := 2 \cdot \sin(22.5 \cdot \deg) \cdot \left(\frac{Db}{2} + Rpo \right) + \left[\frac{\left(\frac{Db}{2} + Rpo \right) - 2 \cdot \sin(22.5 \cdot \deg)}{n2} \right]$$

```

O := | for j ∈ 0..n1
      | for q ∈ 0..n2
      | | Ugol ← ααq
      | | Dlina ← Lq
      | | ABj,q ← OTK(R, r, Dlina, Ugol)
      | AB

```

В результате расчета формируется цветовая диаграмма зависимости точности размера формируемого закрылка от углового положения резца – α и угла между осями опорных роликов – β (рис.6).



5. Платонов В.С. Скоростные методы ремонта вращающихся цементных печей М.: Литература по строительству, 1970. 127 с.

6. Шрубченко И.В. Технологические основы обеспечения формы и условий контакта поверхностей качения опор технологических барабанов при обработке мобильным оборудованием: дис... д-ра техн. наук. Белгород. 2007. С. 85-128.

7. Погонин А.А. Технологические основы восстановления точности крупногабаритных деталей машин без демонтажа в процессе эксплуатации: дис... докт. техн. наук. М. 2001. С. 27-49.

8. Калашников А.Т., Лебедев Л.В., Пелипенко Н.А., Зозулева Л.А. Проведение комплекса научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, связанных с изготовле-

нием опытно-промышленной серии станков для обработки бандажей и опорных роликов цементных печей без их демонтажа: Отчет о НИР заключительный. БТИСМ; №ГР 02840008429. Белгород, 1983 129 с.

9. Хартман К., Лецки Э., Шефер В., Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. М.: Мир, 1977 522 с.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012661230. Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Рыбалко В.Ю., Черняев А.С. Программа для моделирования обработки бандажа универсальным встраиваемым станком модели УВС-01 с установленным на нем динамическим самоустанавливающимся суппортом с плоскими опорами//Реестр программ для ЭВМ России №20126191592012. 2012.

Глаголев С.Н., д-р экон. наук, проф.,
Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Гридчин А.М., д-р техн. наук, проф.,
Трубаев П.А., д-р техн. наук, проф.,
Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.,
Кошукнов А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕПЛОВОЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ЭКСТРУДИРОВАНИЮ И СУШКЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

atlx@mail.ru

Одной из актуальных задач современного производства является экономия топливно-энергетических ресурсов при комплексной переработке различных техногенных материалов. В этой связи значимость создания небольших малотоннажных технологических комплексов для производства и переработки различных материалов строительной индустрии стало очень актуально. Комплексная переработка сырьевых и техногенных материалов, а также создание безотходных производств - одно из важнейших направлений развития различных отраслей промышленности. Научными сотрудниками БГТУ им. В. Г. Шухова спроектирован и изготовлен малотоннажный технологический комплекс для производства экструдированных техногенных материалов, который является инновационным предприятием по производству конкурентоспособных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона. В результате исследований была выявлена эффективность использования парогенератора для увлажнения материала и использование барабанно-винтового сушильного агрегата для сушки сформованных гранул.

Ключевые слова: малотоннажные технологические комплексы; техногенные материалы; стабилизирующие добавки, парогенератор, барабанно-винтовой сушильный агрегат.

Интенсивный рост промышленного производства России и мировой индустрии, а также внедрение новых технологий переработки неорганических и органических материалов влечет за собой появление огромного количества отходов. Современные промышленные производства зачастую ориентированы на первичную прибыль из природного сырья, не уделяя должного внимания проблеме утилизации техногенных материалов в технологических комплексах [1, 2].

В промышленности строительных материалов (ПСМ) достаточно успешно внедрена практика вторичного использования отходов, а также техника и технологии переработки техногенных материалов методом компактирования: экструдирования, гранулирования, брикетирования, прессования и др [3].

Основную массу техногенных волокнистых материалов (ТВМ) - представляют целлюлозно-бумажные отходы (ЦБО). Целлюлоза самый распространенный полимер на земле, который играет важную роль в природном круговороте углерода. Однако ежегодное увеличение отходов целлюлозно-бумажной промышленности и загрязнение ими окружающей среды ставит ряд задач по утилизации ЦБО. Поскольку целлюлоза - это органическое соединение, состоящее из нерастворимых волокон, которые не расщепляются обычными ферментами желудочно-кишечного тракта млекопитающих, а расщепление в промышленных условиях целлюлозы до

глюкозы очень сложно и требует колоссальных энергетических затрат, то процесс компактирования ТВМ в сформованные тела заданной геометрической формы с последующим использованием - является одним из приоритетных направлений в настоящее время [4].

Одним из направлений утилизации бумажных отходов является производство на их основе гранулированных стабилизирующих добавок (ГСД) для щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА). В условиях рыночной экономики, в сфере малого и среднего бизнеса стало актуально внедрение небольших малотоннажных технологических комплексов для производства и переработки различных материалов строительной индустрии. Создание небольших малотоннажных технологических комплексов влечет за собой разработку экономичного, малогабаритного и менее металлоемкого оборудования - в частности сушильных агрегатов. Сушка является неотъемлемой частью во многих сферах производственной деятельности, а на отдельных направлениях сушильное оборудование занимает до 30% производственных площадей, потребляет до 40% всего расходуемого тепла и до 30% электроэнергии [5, 6].

С учетом выполненных научно-технических и конструкторско-технологических разработок коллективом сотрудников университета спроектирован и изготовлен малотоннажный технологический комплекс для производ-

ства экструдированных техногенных материалов (рис. 1). Технологический комплекс предназначен для получения экструдированных техногенных материалов различного функционального назначения (ГСД ЩМА, топливных пеллет, ор-

ганоминеральных удобрений, теплоизоляционных наполнителей и др.), но основную роль уделяется созданию гранулированных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона [7-9].

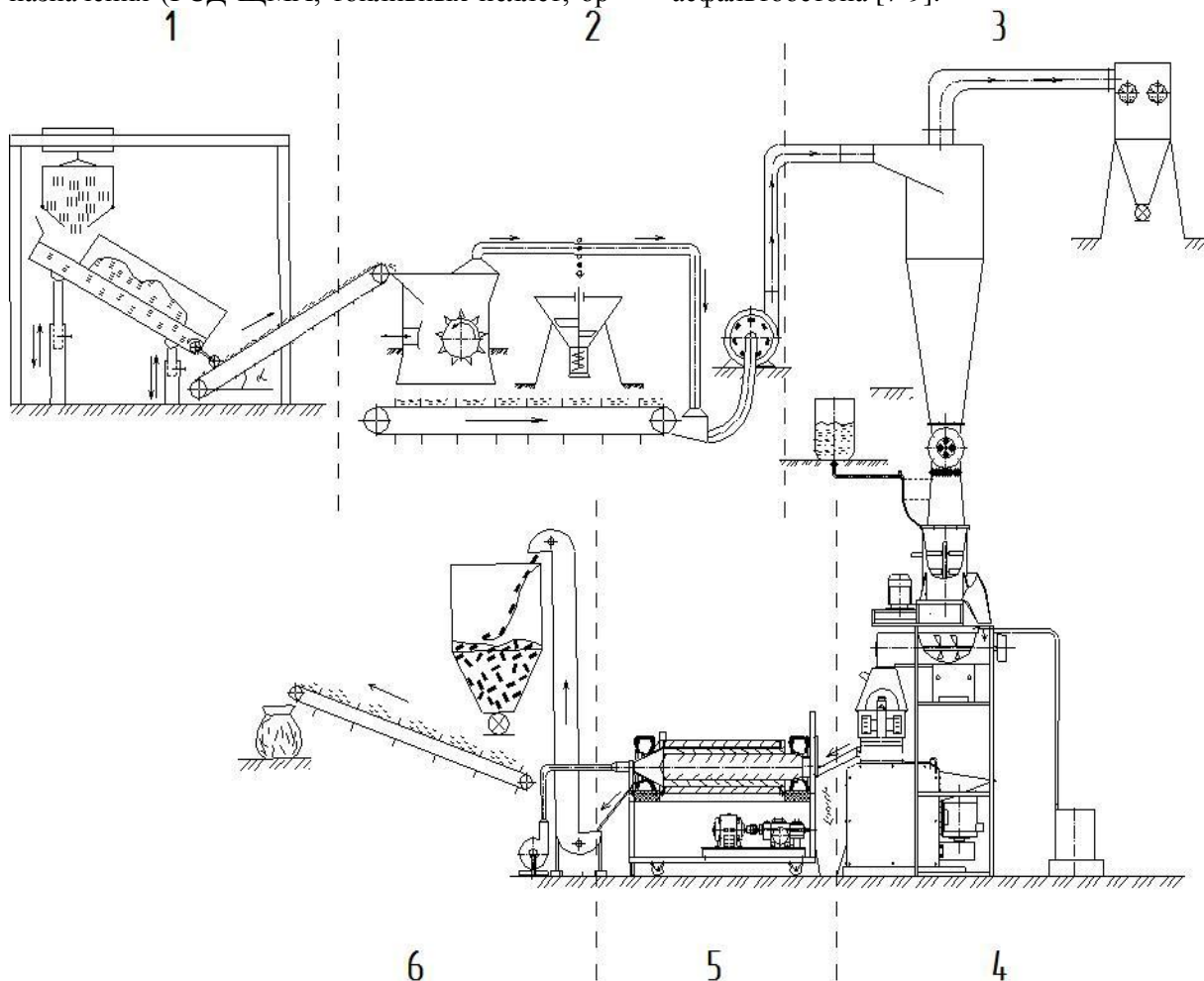


Рис. 1. Малотоннажный технологический комплекс для производства экструдированных техногенных материалов: 1 - зона загрузки; 2 - зона измельчения; 3 - зона аспирации; 4 - зона смешения и компактирования; 5 - зона классификации и сушки; 6 - зона упаковки готовой продукции

Технологический комплекс содержит шесть зон, каждая из которых выполняет свои функции: 1- зона загрузки; 2- зона измельчения; 3- зона аспирации; 4- зона смешения и компактирования; 5- зона классификации и сушки; 6- зона упаковки готовой продукции.

Зона классификации и сушки содержит барабанно-винтовой сушильный агрегат (БВСА) для сушки экструдированных техногенных материалов, который был создан для повышения эффективности процессов тепломассообмена в сушильном барабане, повышения его тепловой мощности и производительности технологической линии в целом [8, 9].

Использование разработанной конструкции БВСА обеспечивает выполнение следующих конструктивно-технологических функций:

- перфорированный участок внутреннего барабана обеспечивает удаление просыпи мате-

риала. Реализация этого принципа позволяет при сушке экструдированных материалов возвращать просыпь на повторную грануляцию и исключать ее налипания на внутреннюю рабочую поверхность барабана;

- транспортирующий геликоид с изменяющимся шагом по длине барабана позволяет материалу равномерно распределяться тонким слоем по всей внутренней поверхности барабана и не «запирать» влагу на начальной стадии сушки, где максимальное влагоотделение;

- используемый вариатор позволяет изменять частоту вращения барабана для более эффективной сушки материала с различной начальной влажностью;

- тангенциальное движение теплоносителя по спирали геликоида и искусственно созданное разрежение внутри сушильного агрегата способствует эффективному удалению влаги из рабо-

чей камеры;

- выделенная тепловая энергия в ходе сушки и отработанный пар не выбрасываются в атмосфе-

ру, а рециркулируют как в зоне классификации и сушки, так и в зоне смешения и компактирования.

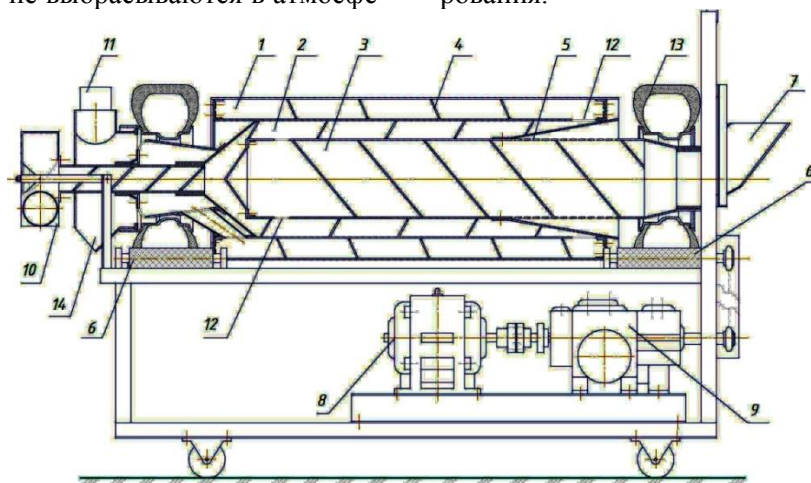


Рис. 2. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных техногенных материалов:

1- внутренний барабан; 2- средний барабан; 3- внешний барабан; 4- геликоид; 5- сетка; 6- опорные ролики; 7- загрузочный бункер; 8- привод; 9- вариатор; 10- воздухопроводная камера; 11- отвод пара; 12- выгрузочные окна; 13- пневморолики; 14- выгрузочная камера

Расчет основных теплотехнических и конструктивно-технологических параметров разработанных нами БВСА и технологической линии производим на основании классических положений теории сушки [10].

Исходный материал имеет влажность

3...6%. Низкая влажность приводит к большим затратам энергии при смешении и компактировании, а также к перегреву валков в пресс-валковом экструдере. Это вызывает необходимость увлажнения материала и последующей сушки полученных гранул (рис. 3).

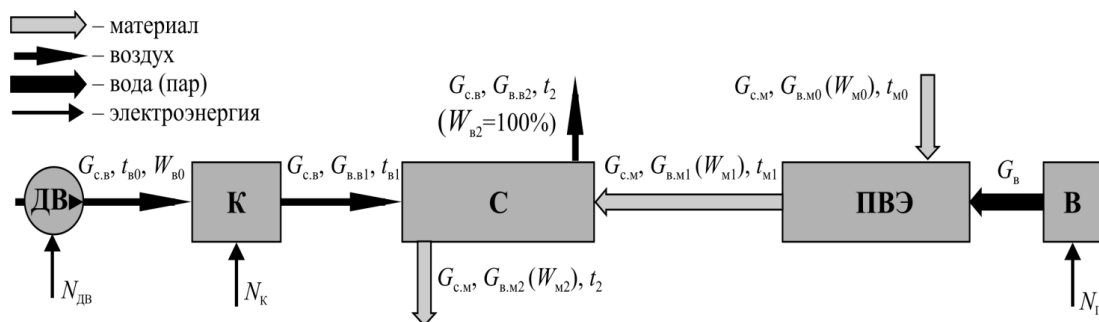


Рис. 3 Схема участка компактирования и сушки:

ДВ – дутьевой вентилятор для подачи воздуха на сушку; К – калорифер для подогрева воздуха; С – сушильный агрегат; ПВЭ – пресс-валковый экструдер; В – источник влаги (воды или пара)

Расход влаги G_b , кг/с, которую необходимо подавать в экструдер, может быть определен из выражения:

$$G_b = G_{b,m1} - G_{b,m0} = G_{c,m} [W_{m1}/(100 - W_{m1}) - W_{m0}/(100 - W_{m0})], \quad (1)$$

где $G_{b,m1}$, $G_{b,m0}$ – расход влаги, содержащейся в материале после и до экструдера, кг/с; $G_{c,m}$ – расход сухого материала, кг/с; W_{m1} , W_{m0} – влажность материала после экструдера и начальная влажность, %.

Влага может быть подана двумя способами: с помощью распыления воды и с помощью пара. Первый способ не требует дополнительных рас-

ходов энергии, кроме затрат на работу насоса, во втором необходима энергия для приготовления пара. Но из-за плохого смешения воды с материалом, такой способ требует повышенного расхода влаги и влажность материала после компактирования составляет около 30%. При увлажнении паром влажность материала после компактирования достигает почти 20%.

Тепловой баланс участка смешения и компактирования можно представить в виде:

$$(G_{c,m} c_{c,m} + G_{b,m0} c_b) t_{m0} + H_b = (G_{c,m} c_{c,m} + G_{b,m1} c_b) t_{m1} + H_{п}, \quad (2)$$

где $c_{c,m}$, c_b – удельная массовая теплоёмкость материала и влаги, принята 1,35 и

1,00 кДж/(К·кг); t_{m0}, t_{m1} – температура влажного материала на входе и выходе, °C; H_B – расход тепловой энергии воды или энтальпия пара в единицу времени, кВт; H_{Π} – потери теплоты в окружающую среду, кВт.

Если для увлажнения используется вода, то её тепловая энергия определяется из выражения:

$$Q_B = G_B \cdot c_B \cdot t_0, \quad (3)$$

где t_0 – температура воды, используемой для увлажнения. Если используется пар, то энтальпия насыщенного пара определяется по его давлению согласно методике, приведённой в работе [11]. При этом теплота конденсации пара в уравнении учтена в виде разности энтальпии пара и теплосодержания конденсирующейся из него воды. Для приготовления пара используется парогенератор, имеющий избыточное давление на выходе 0,35...0,55 МПа. При этом давление получаемого насыщенного пара незначительно влияет на термодинамические характеристики и затраты энергии на его получение. Так, при абсолютном давлении 0,45 МПа температура насыщенного пара 148°C и удельная энтальпия 2743 кДж/кг. При давлении пара 0,65 МПа – соответственно, 162°C и 2760 кДж/кг. Мощность, потребляемая парогенератором, кВт, оценивалась по выражению:

$$N_{\Pi} = G_B \cdot (H_B - c_B \cdot t_{B0}) / \eta_{\Pi}, \quad (4)$$

где η_{Π} – КПД парогенератора.

При увлажнении материала паром для обеспечения его конденсации, от него необходимо отводить теплоту. Отвод теплоты может быть осуществлён за счёт нагрева материала и потерь в окружающую среду. Анализ уравнения (2) показывает, что конденсация только за счёт нагрева материала возможно при соблюдении неравенства

$$H_B \leq (G_{c,m} c_{c,m} + G_{B,m1} c_B) t_{m1} - (G_{c,m} c_{c,m} + G_{B,m0} c_B) t_{m0}, \quad (5)$$

Расчёты показали, что при избыточном давлении насыщенного пара 0,35...0,55 МПа и начальной влажности материала 3% равенство (5) соблюдается при конечной влажности материала не выше 8%, что недостаточно для проведения процесса компактирования.

Потери теплоты (отношение H_{Π}/H_B) при указанных условиях и более высокой конечной влажности составляют:

Влажность материала W_{m2}	10%	15%	20%
Потери	27%	55%	66%

Таким образом при увлажнении паром часть энергии, расходуемая на его приготовление, будет теряться.

В БВСА можно принять, что воздух на вы-

ходе находится в состоянии насыщения (его относительная влажность W_{B2} равна 100%). Так как схема движения потоков в большей части сушильного барабана имеет вид прямотока, то температура потоков на выходе принята одинаковой. Тепловой баланс сушилки может быть представлен в виде:

$$(G_{c,m} c_{c,m} + G_{B,m1} c_B) t_{m1} + (G_{c,b} c_{c,b} + G_{B,b1} c_{B,b}) t_{b1} = [(G_{c,m} c_{c,m} + G_{B,m2} c_B) + (G_{c,b} c_{c,b} + G_{B,b2} c_{B,b})] t_2, \quad (6)$$

где $G_{c,b} c_{c,b}$ – расход сухого воздуха, кг/с; $G_{B,b1}, G_{B,b2}$ – расход водяных паров, содержащихся в воздухе, до и после сушилки, кг/с; $c_{c,b} + G_{B,b1} c_{B,b}$ – удельная теплоёмкость водяных паров, кДж/(кг·K); t_2 – температура высушенного материала и воздуха после сушилки, °C.

В уравнении (6), так же как и в уравнении (2), для расчёта теплосодержания влажного материала и воздуха использовался аддитивный принцип, при котором рассматривался расход сухого материала или воздуха, и расход влаги и водяных паров.

Массовый расход водяных паров на входе в БВСА $G_{B,b1}$ определялся по параметрам воздуха окружающей среды, по его задаваемой относительной влажности W_{B0} и температуре t_{B0} . Массовый расход водяных паров на выходе из агрегата $G_{B,b2}$ определялся по свойствам воздуха в состоянии насыщения при температуре t_2 . Для автоматизированного расчёта свойств влажного воздуха использовались методы, приведенные в работах [12-14].

В уравнении (6) неизвестным является температура t_2 , от которой зависит расход воздуха на сушку и теплосодержание потоков на выходе. Решение уравнения производится численным методом.

Затраты электроэнергии на нагрев воздуха в калорифере в единицу времени N_K , кВт, определялись из выражения:

$$N_K = (G_{c,b} c_{c,b} + G_{B,b1} c_{B,b})(t_{b1} - t_{B0}) / \eta_K, \quad (7)$$

где η_K – КПД калорифера.

Затраты электроэнергии на работу вентилятора в единицу времени $N_{ДВ}$, кВт, определялись из выражения:

$$N_{ДВ} = (G_{c,b} + G_{B,b1}) \Delta p / (\eta_{ДВ} \cdot \rho_B), \quad (8)$$

где Δp – сопротивление воздухопроводов и сушилки, кПа; $\eta_{ДВ}$ – КПД вентилятора; ρ_B – плотность влажного воздуха, кг/м³, при температуре t_{B0} , °C. Затраты электроэнергии в единицу времени на работу насоса, подающего воду в парогенератор при увлажнении паром или непосредственно в экструдер при увлажнении водой не учитывались, так как в обоих случаях из-за небольшого расхода воды (не более 0,1 м³/ч) они составляют

незначительную величину, около 0,030...0,040 кВт.

Для анализа работы технологической линии произведён расчёт параметров при следующих исходных данных: расход сухого материала 200 кг/ч, исходная влажность материала 3%, конечная влажность материала после сушки – 8%.

Условия	
Температура воздуха $t_{в0}$, °C	
Относительная влажность воздуха $W_{в0}$, %	
Исходная температура материала, °C	
Температура воды t_0 , °C	

Температура гранул после экструдера перед сушилкой – 60°C. Давление насыщенного пара при использовании парогенератора – 0,45 МПа. Расчёт был произведён для зимних и летних условий, в качестве параметров воздуха окружающей среды принимались климатические данные для Белгородской области:

Зимние	Летние
–9,3	19,4
84	67
5	20
10	20

Было произведено сравнение затрат электроэнергии N на работу линии, которые включают три составляющие, зависящие от параметров увлажнения и сушки: $N_{ДВ}$, N_K , $N_{П}$. Затраты электроэнергии, расходуемые на приводы агре-

гатов: смесителей, экструдера и сушилки (которые будут постоянные в разных режимах сушки) не учитывались. Полученные результаты приведены в табл. 1

Таблица 1

Потребляемая мощность агрегатов технологической линии, кВт

Режим увлажнения	Водой ($W_{м1} = 30\%$)		Паром ($W_{м1} = 20\%$)	
	зимние	летние	зимние	летние
Климатические условия				
Дутьевой вентилятор, $N_{ДВ}$	7,6	8,2	3,4	3,6
Калорифер, N_K	88,5	64,3	39,6	28,2
Парогенератор, $N_{П}$	–	–	41,2	40,6
Всего, N	96,1	72,6	84,3	72,4

Как видно из табл., суммарные затраты электроэнергии при увлажнении паром материала сопоставимы или меньше, чем при увлажнении водой, даже при значительных потерях энергии пара. Это связано с тем, что при увлажнении паром влажность материала ниже, чем при увлажнении водой, что требует меньшего расхода на нагрев воздуха, идущего на сушку, и работу дутьевого вентилятора.

Также было проведён анализ затрат электроэнергии при различной степени нагрева воздуха в калорифере (рис. 4).

Полученные результаты показывают, что при более сильном нагреве воздуха суммарные затраты электроэнергии снижаются. Это объясняется снижением расхода воздуха, необходи-

мого на сушку. В процессе компактирования шихты для увлажнения материала более рационально использовать пар. При этом расходуется меньшее количество электроэнергии и происходит более равномерное увлажнение шихты, по сравнению с увлажнением методом распыления воды. Для снижения расхода электроэнергии необходимо обеспечивать более сильный нагрев воздуха, подаваемого на сушку.

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования позволяют обеспечивать рациональные условия процессов подготовки шихты к формованию, ее экструдирования, последующей классификации и сушки сформованной продукции.

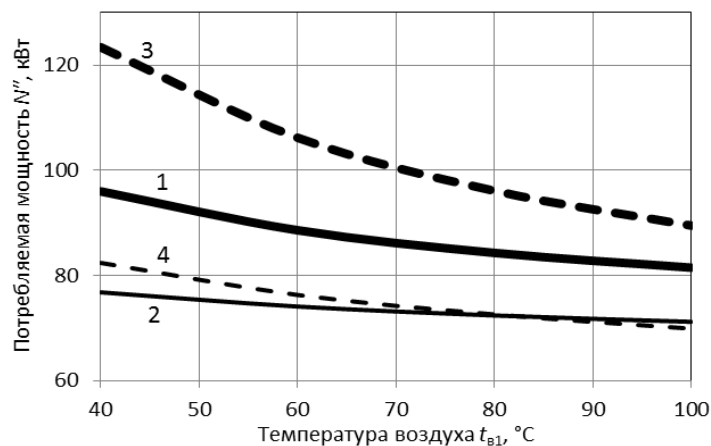


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности от величины нагрева воздуха в калорифере: Увлажнение паром ($W_{м1} = 20\%$): 1 – зимние условия, 2 – летние условия; увлажнение водой ($W_{м1} = 30\%$): 3 – зимние условия, 4 – летние условия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перерва П. Г., Глаголев С. Н., Мехович С. А. Основы инновационного менеджмента и экономики инноваций, Ч.I. Белгород-Харьков: Изд-во БГТУ, 2012. 545 с.
2. Гридчин А. М., Севостьянов В. С., Уральский А. В. Энергосберегающая техника и технологии для комплексной переработки природных и техногенных материалов// Эковестник России. 2010. №1. С.68-79.
3. Ильина Т. Н., Севостьянов М. В., Шкарпеткин Е. А. Конструктивно-технологическое совершенствование агрегатов для гранулирования порошкообразных материалов// Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010. №2. С. 100 – 102.
4. Сажин Б.С. Основы техники сушки. М: Изд. Химия, 1984. 320 с.
5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М: Изд. Химия, 1971. 784 с.
6. Классен П. В, Гришаев И. Г., Шомин И. П. Гранулирование. М: Изд. Химия, 1991. 240 с.
7. Заявка на изобретение РФ №2014149776, 09.12.2014. Глаголев С. Н., Севостьянов В.С., Гридчин А. М., Севостьянов М. В., Трубаев П. А., Уральский В. И., Филатов В. И., Кошуков А. В. Технологическая линия и способ для экструдирования техногенных волокнистых материалов.
8. Заявка на изобретение РФ №2013138030, 13.08.2013. Севостьянов В. С., Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Кошуков А. В., Бабуков В. А., Емельянов Д. А. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов.
9. Кошуков А. В, Бабуков В. А., Емельянов Д. А. Агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов// Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов. 2013. Ч I. С. 121-123.
10. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. М.: Изд. Госэнергоиздат, 1962. 320 с.
11. IAPWS (2007), Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam [Электронные ресурсы]. <http://www.iapws.org/relguide/IF97-Rev.pdf>.
12. Гаврилкин В.П., Куранов Е.А. Аналитическое определение параметров влажного воздуха // Вестник АГТУ. 2007. № 2(37). С. 148-151.
13. Феокистов А.Ю., Ильина Т.Н., Овсянников Ю.Г. Аналитическое описание процессов обработки воздуха в центральных кондиционерах. Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010. № 1. С. 136-139.
14. Кулешов М.И., Кондрашов И.Б., Губарев А.В. Построение I-d-диаграммы влажного газа с помощью ЭВМ. Промышленная энергетика. 2007. № 5. С. 29-31.

Шарапов Р.Р., д-р техн. наук, проф.,
 Прокопенко В.С., аспирант,
 Шарапов Р.Р., аспирант,
 Агарков А.М., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРАХ

ptdm_zavkaf@mail.ru

Показана перспективность применения замкнутого цикла измельчения цементного клинкера и добавок в шаровых мельницах замкнутого цикла. Представлена математическая модель процесса разделения тонкодисперсных порошков с учетом турбулентности потока сепарационного воздуха, позволяющая исследовать процесс разделения в зависимости от фракционного состава готового продукта.

Ключевые слова: сепаратор, эффективность разделения, граничный размер, турбулентная диффузия.

Введение. Производство цемента является высокотехнологичной отраслью, потребляющей значительные энергетические ресурсы. При этом одним из способов повышения эффективности цементного производства является применение замкнутого цикла помола, как сырьевых компонентов, так и цементного клинкера [1, 2]. Реализация замкнутого цикла измельчения осуществляется в измельчителях различных конструкций с воздушными сепараторами, которые тоже прошли значительный путь в своем развитии [1, 3, 4]. Однако и динамические сепараторы, так называемые сепараторы третьего поколения, которыми в последнее время оснащаются помольные агрегаты, не всегда обеспечивают высокие показатели разделения, что в целом снижает эффективность всего производства цемента [1, 3, 4]. Повышение эффективности воздушных сепараторов можно достигнуть за счет совершенствования и изменения режимов их работы.

Методология. Одним из основных параметров, описывающих работу сепаратора, является качество разделения исходного продукта, который можно оценить с помощью отношения некоторых контрольных размеров, например:

$$\chi = \frac{d_{25}}{d_{75}}, \quad (1)$$

где d_{25} и d_{75} – размеры ячеек сит, для которых полные остатки готового продукта составляют 25 и 75 % от его начальной массы.

Более общей характеристикой качества разделения является показатель эффективности, представляющий собой разность между относительным выходом мелкой и крупной фракций (D_3) исходного материала (Q_1 , D_1) в готовый продукт (Q_2 , D_2):

$$E_s = \frac{Q_2 D_2}{Q_1 D_1} - \frac{Q_2 R_2}{Q_1 R_1} = \frac{(D_2 - D_1)(D_1 - D_3)}{D_1(100 - D_1)(D_2 - D_3)} 10^4. \quad (2)$$

В настоящее время при модернизации цементных заводов цементные мельницы оборудуются преимущественно динамическими сепараторами с внешней зоной осаждения, в которых сепарационный вентилятор и система осаждения готового продукта вынесены за пределы корпуса сепаратора.

Основная часть. Сепараторы третьего поколения выпускаются ведущими фирмами-производителями (Sturtevant-SD фирмы Sturtevant, США; Sepmaster SKS фирма KHD Humboldt Wedag AG, ФРГ; Sepol фирмы Krupp Polysius AG, ФРГ; O-Sepa фирмы Onoda, Япония; Sepax фирмы F.L.Smidth, Дания и др.). Они отличаются друг от друга способами подачи сепарационного воздуха, системами подачи и вывода исходного материала и продуктов разделения, приводом ротора сепаратора, соотношениями основных размеров, конструктивными особенностями и т.д.

Для расчета сепараторов применяют приближенные методы, основанные на упрощенных математических моделях движения газоматериальных потоков, а также эмпирические зависимости, обобщающие экспериментальные данные, а также опыт эксплуатации подобных аппаратов [5, 6].

Важнейшим показателем, характеризующим работу сепаратора, является граничный размер d_1 , по которому происходит разделение готового продукта и крупки.

Наиболее точное определение граничного размера и исследование его зависимости от конструктивных параметров аппарата возможно лишь на основе дифференциальных уравнений движения частиц в вихревом потоке воздуха [7].

В цилиндрической системе координат эти уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned}\frac{dV_r}{dt} &= \frac{V_\phi^2}{r} - \frac{C_D \text{Re}}{24\tau} (V_r - U_r); \\ \frac{dV_\phi}{dt} &= -\frac{V_r V_\phi}{r} - \frac{C_D \text{Re}}{24\tau} (V_\phi - U_\phi); \\ \frac{dV_z}{dt} &= -\frac{C_D \text{Re}}{24\tau} (V_z - U_z) + g; \\ \frac{dr}{dt} &= V_r, \quad \frac{d\phi}{dt} = \frac{V_\phi}{r}, \quad \frac{dz}{dt} = V_z,\end{aligned}\quad (3)$$

где V_r , V_ϕ , V_z , U_r , U_ϕ , U_z – радиальная, окружная и осевая составляющие скорости частицы и несущей воздушной среде соответственно; r , ϕ и z – текущие значения радиуса полярного угла и осевой координаты частицы; C_D – коэффициент аэродинамического сопротивления; $\text{Re} = d\rho_3|V - U|/\mu$ – число Рейнольдса, характеризующее режимы обтекания частицы; $\tau_p = d^2\rho_2/(18\mu k_\phi)$ – время релаксации, определяющее продолжительность разгона частицы до скорости воздушной среды.

Теория турбулентных газодисперсных потоков еще только разрабатывается, поэтому в настоящее время широко используются приближенные математические модели, основанные на упрощенных предположениях и результатах экспериментальных исследований. Одним из таких предположений является гипотеза о пренебрежительно малом времени релаксации скорости частиц (приближение ведущего поля). Согласно этому предположению частица, находящаяся в поле массовых сил с ускорением $\vec{a}(M)$, мгновенно приобретает скорость

$$V(M) = \frac{24\tau_p}{C_D \text{Re}} a(M), \quad (4)$$

где M – точка силового поля, $\tau = d^2\rho_2/(18\mu k_\phi)$ – время динамической релаксации частиц. Для стоксовского режима обтекания ($\text{Re} < 1$) формула (4) примет вид:

$$V(M) = \tau a(M).$$

В этой зоне на частицу действует центробежная сила F_c , направленная по радиусу к периферии:

$$F_c = \rho_2 \frac{\pi d^3}{6} a_c = \rho_2 \frac{\pi d^3}{6} \cdot \frac{V_\phi^2}{r}, \quad (5)$$

и сила давления потока, направленная к центру

$$F_n = \frac{\pi d^2}{4} C_D k_\phi \frac{\rho(V_r - U_r)^2}{2}. \quad (6)$$

В работе [8] граница разделения определяется из условия $F_c = F_n$, однако, эти условия выполняются для частиц всех размеров на равновесных круговых траекториях соответствующих

радиусов. Поэтому приведенное в [8] соотношение

$$d_1 = \frac{3}{4} C_D k_\phi \frac{\rho_3}{\rho_2} \cdot \frac{V_r^2}{a_c} \quad (7)$$

не может быть практически использовано из-за неопределенности V_r и a_c .

Более обоснованным представляется определение граничного размера на основе выражения для радиальной скорости частиц. В квазистационарном приближении ($dV_r/dt = 0$) для стоксовского режима обтекания ($C_D = 24/\text{Re}$) из уравнения (3) получим:

$$V_r = U_r + \frac{V_\phi^2}{r}. \quad (8)$$

Окружная скорость частицы вблизи лопаток ротора ($r = R_L$) равна:

$$U_L = 2\pi R_L n_r, \quad (9)$$

а по мере приближения к оси сепаратора уменьшается, стремясь к нулю.

Распределение радиальной скорости воздуха определяется из условия сохранения его объемного расхода L_c :

$$U_r = -\frac{L_c}{2\pi hr}, \quad (10)$$

где h – высота зоны разделения, а знак “–” указывает направление U_r к оси сепаратора.

С учетом формул (9) и (10) соотношение (8) принимает вид:

$$V_r = \frac{U_L^2 \tau_p}{R_L^{2k}} r^{2k-1} - \frac{L_c}{2\pi hr}. \quad (11)$$

Поскольку d_1 соответствует фракции исходного продукта, которая поровну делится между готовым продуктом и крупкой, то логично предположить, что границе разделения соответствует равновесная траектория, делящая живое поперечное сечение сепаратора пополам, т.е. $r_1 = k_L / \sqrt{2}$. С учетом этого значения радиуса из условия $V_r = 0$ получим соотношение для расчета граничного размера:

$$d_1 = \sqrt{\frac{9\mu L_c 2^k}{4\pi^3 R_L^2 h \rho_2 n_r^2}}. \quad (12)$$

В отличие от формулы (7), соотношение (12) содержит только известные значения конструктивных параметров сепаратора и один настроечный параметр k , определяемый по данным промышленных испытаний сепараторов.

Для определения продолжительности поперечного движения частиц в сепараторе рассмотрим уравнение:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{U_\phi}{r} \tau_p, \quad (13)$$

где окружная скорость воздуха задается формулой (10).

Приведем уравнение (13) к безразмерному виду:

$$\frac{dx}{dT} = \frac{U_1 \tau_p}{R_L} x^{2k-1}, \quad (14)$$

где $x = r/R_L$, $T = tU_1/R_L$.

Из уравнения (14) получим

$$T = \frac{R_L}{U_1 \tau_p} \int_{x_{0,5}}^1 x^{1-2k} dx = \frac{R_L}{2U_1 \tau_p (k-1)} \left(\frac{1}{x_{0,5}^{2(k-1)}} - 1 \right), \quad (15)$$

где $x_{0,5} = R_{0,5}/R_L = 1/\sqrt{2} = 0,707$.

Согласно формуле (15) продолжительность поперечного движения частицы равна:

$$t(R_{0,5} \rightarrow R_L) = \frac{R_L^2}{2U_1^2 \tau_p (k-1)} \left(\frac{1}{x_{0,5}^{2(k-1)}} - 1 \right). \quad (16)$$

Скорость движения частиц в восходящем потоке воздуха равна разности скорости воздушного потока и скорости гравитационного осаждения частиц:

$$V_z = \frac{4L_c}{\pi D_c^2} - g\tau_p, \quad (17)$$

где D_c – внутренний диаметр корпуса сепаратора в зоне разделения. Подставив формулы (16) и (17) в условие (12) после преобразования получим:

$$d_1 = \sqrt{\frac{72\mu L_c}{\pi D_c^2 h \rho_2 \left(8\pi^2 n_r^2 (k-1) \frac{0,707^{2(k-1)}}{1-(0,707)^{2(k-1)}} + \frac{g}{h} \right)}}. \quad (18)$$

Эта формула, кроме задаваемых конструктивно-технологических параметров, содержит также один настроечный параметр k , который определяется по результатам обработки опытных данных.

Существенное влияние на процесс разделения материала в сепараторе оказывает турбулентность потока сепарационного воздуха, приводящая к размыванию траектории частиц и их самопроизвольному перетеканию в области с более низкой концентрацией дисперсной фазы вследствие турбулентной диффузии частиц.

Распределение концентрации частиц в зоне разделения описывается стационарным уравнением конвективной диффузии:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \left(CV_r - D_r \frac{\partial C}{\partial r} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(CV_z - D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) = 0, \quad (19)$$

где V_r , V_z – составляющие скорости дисперсной фазы, рассматриваемой в виде квазиплоской среды; D_r , D_z – радиальная и осевая составляющие тензора коэффициентов турбулентной диффузии газовой взвеси.

Исследование двухфазных закрученных потоков в строгой постановке представляет собой сложную задачу, которая может быть решена только численными методами. Поэтому для по-

лучения приближенных аналитических зависимостей сведем уравнение (19) к двум квазиодномерным задачам для усредненных концентраций частиц. В виду значительной скорости газоматериального потока в сепараторе ($U_z = 8 \dots 12$ м/с), диффузионным переносом частиц в осевом направлении будем пренебрегать: $D_z = 0$. На первом этапе моделирования, т.е. при усреднении концентрации частиц по радиальной переменной r не будем учитывать так же диффузию частиц в поперечном направлении. Тогда уравнение (19) можно переписать в виде:

$$\frac{\partial}{\partial r} (r(CV_r)) = - \frac{\partial}{\partial z} (r(CV_z)). \quad (20)$$

Проинтегрируем уравнение (20) по r в пределах от 0 до R_r , где R_r – радиус поверхности разделения потока газовой смеси исходного материала на готовый и грубый продукт (крупку). В результате интегрирования получим:

$$2\pi R_r C(R_r, z) V_r(R_r) = -\pi R_r^2 V_z \frac{d\tilde{C}(z)}{dz}, \quad (21)$$

где $\tilde{C}(z)$ – концентрация частиц, усредненная по поперечному сечению газодисперсного потока:

$$\tilde{C}(z) = \frac{2\pi \int_0^{R_r} z C(r, z) dz}{\pi R_r^2}. \quad (22)$$

Умножив обе части уравнения (21) на dz получим уравнение баланса массы фракции исходного материала (d ; $d+\Delta d$) в слое сепарированного материала толщиной dz :

$$2\pi R_r dz C(R_r, z) V_r(R_r, d) = -\pi R_r^2 V_z d\tilde{C}(z), \quad (23)$$

т.е. уменьшение потока частиц размером d равно потоку этих частиц через поверхность разделения в грубый продукт.

Уравнение (21) перепишем в виде:

$$\frac{d\tilde{C}(z)}{dz} = - \frac{2V_r(R_r, d)}{R_r V_z} C(R_r, z). \quad (24)$$

Для решения уравнения (24) необходимо выразить концентрацию частиц на поверхности разделения в $C(R_r, z)$ через концентрацию, усредненную по поперечному сечению $\tilde{C}(z)$. В нашем случае будем иметь следующее выражение:

$$C(R_r, z) = \chi(d) \tilde{C}(z), \quad (25)$$

где $\chi(d)$ – коэффициент неоднородности частиц в поперечном сечении потока, величина которого определяется соотношением упорядоченного переноса частиц под действием центробежных сил и противоположно направленного диффузионного потока.

С учетом соотношения (25) уравнение (24) после несложных преобразований приводится к следующему виду:

$$\frac{d\tilde{C}(z)}{dz} = -\frac{2V_r(R_r)\chi(d)}{R_r V_z} C(z). \quad (26)$$

Проинтегрировав уравнение (26) получим:

$$\tilde{C}(z) = \tilde{C}(0) \exp\left(-\frac{2V_r(R_r)\chi(d)}{R_r V_z} z\right). \quad (27)$$

При $z = h$, где h – высота зоны разделения, из выражения (27) следует:

$$\varphi(d) = \frac{\tilde{C}(z)}{\tilde{C}} = \exp\left(-\frac{2V_r(R_r)\chi(d)h}{R_r V_z}\right). \quad (28)$$

Здесь $\tilde{C}_0 = \tilde{C}(0) = Q_m / L_c$ – концентрация материала на оси потока; $\varphi(d)$ – функция распределения сепаратора, равная относительной доле фракции исходного материала (d ; $d+\Delta d$), выносимого в готовый продукт. Однако соотношение (28) не может быть использовано для практических целей, поскольку содержит неизвестный параметр $\chi(d)$.

Для исследования неоднородности распределения концентрации частиц в поперечном сечении потока проинтегрируем уравнение (19) по осевой переменной z в пределах от 0 до h , полагая $D_z = 0$, а $D_r = D = \text{const}$ (приближение однородной турбулентности):

$$\frac{d}{dr}\left(r\bar{C}(r)V_r - D\frac{d\bar{C}}{dr}\right) = -(rC(h,r) - rC(0,r))\frac{V_z}{h}, \quad (29)$$

где $\bar{C}(r)$ – концентрация частиц, усредненных по высоте зоны разделения.

$$\bar{C}(r) = \frac{1}{h} \int_0^h C(r, z) dz. \quad (30)$$

$$w = \begin{cases} bx^{2k_1-1} & \text{– для противоточной центробежной зоны} \\ bx^{2k_1-1} - \frac{a}{x} & \text{– для поперечнопоточной центробежной зоны.} \end{cases}$$

Здесь k_1 – показатель степенной зависимости, характеризующий распределение окружной скорости во вращающемся потоке сепарационного воздуха ($k_1 = 2 \dots 4$); $b = 2\pi n \tau_p$; $\tau_p = d^2 \rho_2 / 18\mu$ – время динамической релаксации частиц; $a =$

$$\frac{dz}{dx} = \text{Pe} bx^{2k_1-1} z \quad \text{– для противоточной центробежной зоны} \quad (35)$$

$$\frac{dz}{dx} = \text{Pe} \left(bx^{2k_1-1} - \frac{a}{x}\right) z \quad \text{– для поперечнопоточной центробежной зоны} \quad (36)$$

Решение уравнений (35) и (36) имеет вид:

$$z = \exp\left(\frac{b\text{Pe}}{2k_1} x^{2k_1}\right) \quad \text{– для противоточной центробежной зоны} \quad (37)$$

Проинтегрировав обе части уравнения по r от 0 до r , получим:

$$2\pi k h \left(\bar{C}(r) V_r - D \frac{d\bar{C}(r)}{dr} \right) = \pi r^2 V_z (\tilde{C}(0) - \tilde{C}(h)), \quad (31)$$

где $\tilde{C}(0)$, $\tilde{C}(h)$ – концентрации частиц, усредненные по сечению πr^2 .

Уравнение (31) также выражает баланс массы узкой фракции частиц в цилиндрическом объеме радиусом r и высотой h : разность потока частиц, проходящих через входное ($z = 0$) и выходное сечения объема сепаратора, равна полному потоку частиц, проходящих через боковую поверхность рассматриваемого объема сепаратора, включая его диффузионную составляющую. Для замыкания уравнения (31) положим $V_z = 0$, т.е. рассмотрим предельный случай распределения концентрации частиц, которая сформировалась бы в замкнутом объеме под действием центробежных сил и турбулентной диффузии частиц. Тогда уравнение (31) можно записать в следующем виде:

$$D \frac{d\bar{C}}{dr} - V_r \bar{C} = 0. \quad (32)$$

Приведем уравнение (32) к безразмерному виду:

$$\frac{1}{\text{Pe}} \frac{dz}{dx} - w(x)z = 0. \quad (33)$$

Здесь $z = \frac{\bar{C}}{\bar{C}_0}$; $x = \frac{r}{R_L}$; $\text{Pe} = \frac{R_L U_L}{D}$ – число Пек-

ле; $w = V_r / U_L$; R_L – внутренний радиус лопаточного аппарата ротора; $U_L = 2\pi n R_L$ – окружная скорость лопаток ротора. Обезразмеренная окружная скорость частиц для зон разделения различных типов выражается формулами:

$L_c/2 \pi R_L h U_L$; L_c – объемный расход сепарационного воздуха.

Уравнение (33) с учетом формулы (34) принимает вид:

$$z = \frac{x_0}{x} \cdot \frac{\exp\left(\frac{bPe}{2k_1} x^{2k_1}\right)}{\exp\left(\frac{bPe}{2k_1} x_0^{2k_1}\right)} \quad - \text{ для поперечнопоточной центробежной зоны} \quad (38)$$

Здесь x_0 – эмпирический коэффициент, определяющий предел применимости формул, описывающих плоский вихрь с центральным стоком.

По зависимостям $z = z(x)$ можно рассчитать коэффициент поперечной неоднородности распределения концентрации частиц:

$$\chi = \frac{C(R_r)}{\tilde{C}} = \frac{x_r^2 z(x_r)}{2 \int_0^{x_r} x z(x) dx}, \quad (39)$$

где $x_r = R_r/R_L$.

Для условий сепарации, рассмотренных ранее, получим

$$\pi n_r Pe \tau_p = 0,0043 \frac{d^2}{D_c},$$

$$V_r(R_r) = 0,01 d^2 x_r^{2k-1}.$$

Тогда выражение для функции разделения (28) можно представить в виде:

$$\varphi(d) = \exp\left(-\frac{0,0027 x_r^{2(k-1)} d^2 \exp\left(\frac{0,0043 x_r^{2k}}{Dk} d^2\right)}{1 + \frac{0,0043 x_r^{2k}}{Dk(k+1)} d^2}\right). \quad (40)$$

Формула (40) содержит три неизвестных параметра k , x_r и D , которые не могут быть измерены непосредственно или найдены расчетным путем. Их величина может быть оценена с помощью общих физико-механических соображений и уточнена путем обработки экспериментальных данных. Величину коэффициента турбулентной диффузии частицы можно оценить по ориентировочным значениям числа Пекле, $Pe = 4 \dots 16$ [9]; $D \approx 0,5 \dots 2$ м²/с. Путем обработки имеющихся опытных данных установлены следующие значения параметров: $x_r = 0,7$; $D = 0,8$ м²/с; $k = 3$. В этом случае функция разделения принимает вид:

$$\varphi(d) = \exp\left(-\frac{0,00065 d^2 \exp(0,00021 d^2)}{1 + 0,000053 d^2}\right). \quad (41)$$

Кривая разделения, соответствующая функции разделения (41), приведена на рис. 1.

На рис. 1 также приведен график зависимости Молеруса [9]:

$$\varphi(d) = \frac{1}{1 + \frac{d}{d_1} \exp\left(\frac{-Pe}{2} \left(1 - \frac{d}{d_1}\right)\right)}, \quad (42)$$

для тех же условий разделения ($d_1 \approx 30$ мкм, $Pe \approx 10$). Зависимость Молеруса также учитывает

турбулентную диффузию частиц, но не учитывает конструктивно-технологических особенностей сепаратора. На рис. 1 видно, что формула Молеруса прогнозирует более высокую эффективность разделения, что не соответствует имеющимся опытным данным.

Анализ формулы (40) показывает, что основным направлением повышения точности разделения материала т.е. крутизны убывания кривой разделения $\varphi(d)$ (см. рис. 1) является снижение его коэффициента турбулентной диффузии частиц D , который кроме непосредственного влияния на эффективность разделения (40) оказывает косвенное воздействие как на эффективность распределения окружной скорости несущего потока (параметр k), так и на радиус поверхности разделения x_r .

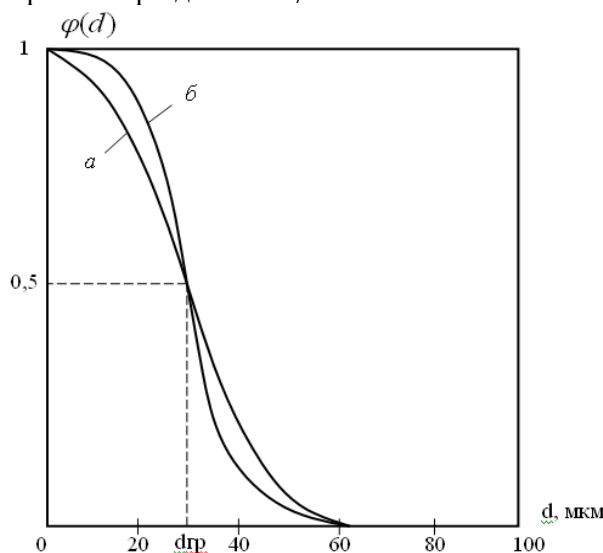


Рис. 1. Кривые разделения, построенные по зависимостям:

1 – кривая, полученная по формуле (41); 2 – кривая, полученная по формуле (42)

Уменьшение параметра можно достичь путем снижения аэродинамического сопротивления сепаратора, а также повышением в исходном потоке материала концентрации частиц мелких фракций, которые вызывают дополнительную диссипацию энергии турбулентных пульсаций, что оказывает ламинизирующее влияние на газоматериальный поток в зоне разделения.

Выводы

1. Предложен обобщающий подход, позволяющий учитывать основные конструктивно-

технологические параметры воздушных сепараторов.

2. Разработана математическая модель процесса разделения материала с учетом турбулентности потока сепарационного воздуха, учитывающая как диффузию частиц, так и конструктивно-технологические параметры сепараторов, на основе которой получено аналитическое выражение для функции разделения.

3. Показано, что основным направлением повышения точности разделения центробежной классификации цемента, является снижение турбулизации газодисперсного потока, которое можно достичь усовершенствованием аэродинамических свойств воздушного тракта и повышением концентрации мелких частиц в потоке поступающего на сепарацию материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Duda Walter H., 1985. Cement data book. Wiesbaden; Berlin Bauverlag GmbH, pp: 636.
2. Reinhardt Y., 2008. Effective Finish Grinding. World Cement. March: 93–95.
3. Reichert Y., 2005. The Use of MPS Vertical Roller Mills in the Production of Cement and Blast – Furnace Slag Powder. Cement International. 2: 64–69.
4. Уваров, А.А., Шарапов Р.Р., Анненко Д.М. Процесс измельчения клинкера в шаровых мельницах замкнутого цикла с наклонными межкамерными перегородками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 52–54.
5. Шарапов Р.Р. Шаровые мельницы замкнутого цикла. Монография. Белгород. Изд-во БГТУ, 2008. 270 с.
6. Hills M.L., 1996. Clinker microstructure related to grindability. PCA R&D Serial № 2043.
7. Романович А.А. Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 74–77.
8. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Высшая школа, 1971. 382 с.
9. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. М.: Химия, 1989. 160 с.

*Величко Д.В., доц.,
Магержут В.З., д-р техн. наук, проф.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОСТРОЕНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ И СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ПЕНОСТЕКЛЬНОЙ ШИХТЫ

tk210@mail.ru

Решаемая задача математического моделирования распределения температурного поля в тигле с пеностеклянной шихтой связана с разработкой автоматизированной системы управления технологическим процессом производства пеностеклянных блоков, обеспечивающей повышение производительности производства и минимизацию процента брака производимой продукции.

Для оптимизации процесса управления необходимо решать как внешнюю, так и внутреннюю задачу теплообмена. Полученные результаты могут использоваться и при выборе алгоритма и при настройке устройства управления температурой в туннельной печи.

Целью данной работы является построение математической модели, описывающей динамические тепловые процессы, происходящие в пеностеклянной шихте при нагреве ее до температуры вспенивания.

В ходе проделанной работы предлагаются различные варианты построения моделей. Во-первых, детерминированного типа, позволяющей прогнозировать распределение температурного поля внутри тигля с пеностеклянной шихтой с учетом движения межфазной границы. Во-вторых, стохастического типа, позволяющей отслеживать динамические процессы распределения температуры в разных контрольных точках тигля с пеностеклянной шихтой и на основе этого делать соответствующие выводы относительно начала момента вспенивания.

Ключевые слова: *детерминированная модель, стохастическая модель, уравнение теплопроводности, эмпирические формулы, пеностеклянная шихта.*

Введение. Целью данной работы является построение математической модели, описывающей динамические тепловые процессы, происходящие в пеностеклянной шихте при нагреве ее до температуры вспенивания. Предлагается вариант, как детерминированной математической модели [1,2], так и стохастической.

Детерминированная математическая модель является наиболее универсальной [3]. В данном случае она строится на основе уравнения теплопроводности [4] в виде дифференциального уравнения в частных производных. В модели данного типа, как правило, заложена глубоко содержательная информация о физических механизмах соответствующих процессов. Данная модель отражает не формальные, а существенные причинно-следственные связи. Недостатком детерминированной модели является ее относительная сложность. Поэтому применение таких моделей для управления объектами становится затруднительно.

В результате экспериментальных исследований натурного образца можно построить стохастическую математическую модель. При этом исследуют лишь реакцию системы на подаваемые на вход возмущения, а результаты обрабатывают методами математической статистики. Часто такие экспериментальные исследования организуют на основе методов планирования эксперимента, получая в результате регрессион-

ные уравнения. Важным достоинством стохастических моделей является их простота и наглядность, что позволяет широко применять такие модели в АСУ ТП.

Основная часть. Строгая постановка подобного рода задачи приводит к необходимости решения системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с динамическими граничными условиями и подвижными границами раздела фаз.

Пеностеклянная шихта является исходным ингредиентом при порошкообразном способе производства пеностеклянных блоков, которые используются в строительной индустрии в качестве теплоизоляционного материала. В ряде случаев пеностеклянную шихту получают в результате смешения тонкомолотого стекла с пенообразователем. Смесь нагревают до температуры вспенивания. В ходе термообработки происходит окислительно-восстановительная реакция между углеродом и сульфатами (окислителями) и/или оксидами стекла. В результате в расплаве стекла образуются газы, которые придают массе пористую структуру, что приводит к образованию материалов с низкой плотностью и теплопроводностью.

Для проведения теплофизического эксперимента [5] разработана автоматизированная система термического экспресс-анализа, одной из особенностей которой является тигель с ва-

рыруемым объёмом ($60 \times 50 \times 50$ мм – максимальный) и возможностью закрепления в нем датчиков температуры вертикально с помощью огнеупорной вставки. Нумерация термоэлектрических преобразователей (термопар) осуществляется снизу – вверх, расстояние между ними $h \approx 10$ мм.

Кроме этого разработано программное обеспечение на языке высокого уровня, позволяющее получать информацию в режиме реального времени в удобной для оператора форме представления: таблично или графически.

Построение детерминированной модели. Результаты проведения теплофизического эксперимента, в виде температурных кривых нагрева пеностеклянной шихты, приведены на рис. 1.

Анализ температурных кривых показывает, что при нагреве шихты фиксируются три после-

довательно расположенных эндотермических эффекта в области температур $\sim 100^\circ\text{C}$, $\sim 620^\circ\text{C}$ и $\sim 860^\circ\text{C}$. Первый соответствует удалению адсорбированной на поверхности частиц влаги, второй обусловлен спеканием шихты, третий вызван вспениванием пеностекла.

На участке 1 (0 – 7 мин) происходит нагревание пеностеклянной шихты – исходного материала при производстве пеностекла.

На участке 2 (7 – 10 мин) наблюдается процесс удаления адсорбированной влаги из пеностеклянной шихты, поскольку при 100°C происходит испарение воды, находящейся в шихте в «связанном» состоянии. Этот процесс сопровождается поглощением тепла, поэтому температура на этом участке держится практически на одном уровне.

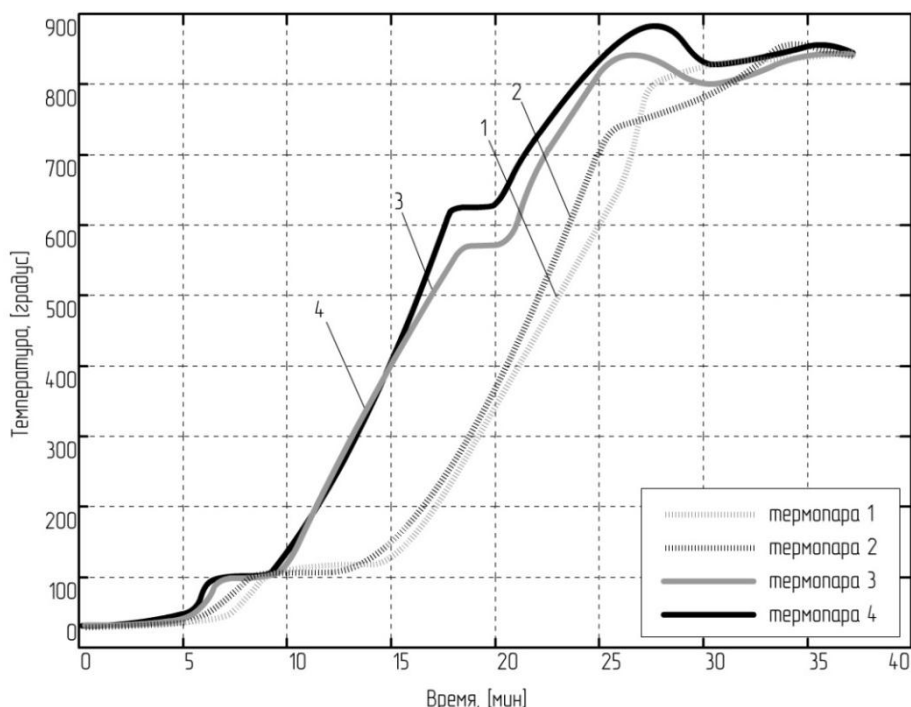


Рис. 1. Температурные кривые нагрева пеностеклянной шихты (реакция на температурное возмущение 1000°C)

Участок 3 (10 – 27 мин) отражает процесс спекания пеностеклянной шихты. Происходит фазовый переход: порошковая смесь стеклобоя и пенообразователя превращается в вязкую массу.

Участок 4 (27 – 35 мин) характеризуется вспениванием. Когда пеностеклянная шихта достигает достаточной степени спекания, происходит химическая реакция между пенообразователем и конкретным компонентом стекла. Этот процесс протекает во всех частях образца практически одновременно и сопровождается увеличением его объема. По температуре, при которой начинается реакция, можно сделать вывод, что пенообразователем является углеродный

пенообразователь – сажа (C) – которая вступает во взаимодействие с трёхоксидом серы (SO_3). Кроме того, данная окислительно-восстановительная реакция идет с поглощением тепла. После прекращения реакции температура в тигле устанавливается приблизительно на постоянном уровне.

Контроль над каждым из описанных участков важен для получения пеностекла высокого качества.

Процесс удаления адсорбированной влаги можно представить в виде схемы, представленной на рис. 2.

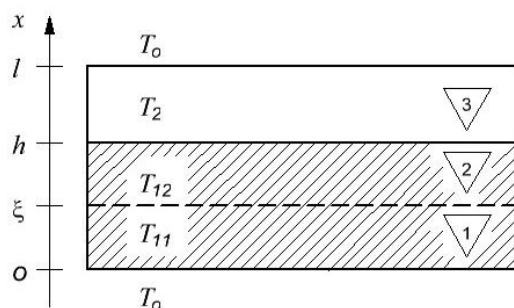


Рис. 2. К постановке задачи о движении межфазной границы

Заштрихованной областью обозначена шихта, не заштрихованной — слой воздуха в тигле с температурой T_2 . В пеностекольной шихте происходит движение межфазной границы ξ — между фазой T_{12} , содержащей влагу, и фазой T_{11} , в которой влага уже испарилась; T_0 — температура печи и тигля, в котором находится шихта.

В каждой из областей 1, 2 и 3 температура подчиняется одномерному уравнению теплопроводности с постоянными коэффициентами, так как зависимость коэффициентов от температуры и координат пренебрежимо мала:

$$\frac{\partial T_{12}}{\partial t} = \frac{\lambda_{12}}{c'_{12}} \cdot \frac{\partial^2 T_{12}}{\partial x^2}; \quad \frac{\partial T_{11}}{\partial t} = \frac{\lambda_{11}}{c'_{11}} \cdot \frac{\partial^2 T_{11}}{\partial x^2};$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{\lambda_2}{c'_2} \cdot \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Здесь $\lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_2$ — коэффициенты теплопроводности в 1-й, 2-й и в 3-й областях [$Bm/(m \cdot K)$]; c'_{11}, c'_{12}, c'_2 — удельная объемная теплоемкость материала в 1-й, 2-й и в 3-й областях [$Dж/(m^3 \cdot K)$].

Граничные условия при $x=0$ и $x=l$ описываются граничным условием 3-го рода (законом Ньютона):

$$\lambda_{11} \frac{\partial T_{11}}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_1 (T_{11}|_{x=0} - T_0) \text{ и}$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=l} = \alpha_2 (T_0 - T_2|_{x=l}), \quad (2)$$

где α_1 и α_2 — коэффициенты теплоотдачи на одной и другой границах соответственно [$Bm/(m^2 \cdot K)$].

На границе областей 2 и 3 наблюдается равенство температур, поэтому граничное условие будет выглядеть следующим образом

$$T_{12}|_{x=h} = T_2|_{x=h}. \quad (3)$$

И, наконец, на границе областей 1 и 2 должно наблюдаться равенство потоков тепла. Причем температура при $x=\xi$ должна равняться температуре фазового перехода, то есть

$$T_{12}|_{x=\xi} = T_{11}|_{x=\xi} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4)$$

Поток, подводимый к межфазной границе, равен $\lambda_{11} \frac{\partial T_{11}}{\partial x} \Big|_{x=\xi}$. Одна часть этого теплового

потока идет на испарение в слое толщиной $d\xi$, а другая отводится в виде потока $\lambda_{12} \frac{\partial T_{12}}{\partial x} \Big|_{x=\xi}$.

Граничное условие будет выглядеть следующим образом

$$\lambda_{11} \frac{\partial T_{11}}{\partial x} \Big|_{x=\xi} - \lambda_{12} \frac{\partial T_{12}}{\partial x} \Big|_{x=\xi} = \rho_u \frac{d\xi}{dt}, \quad (5)$$

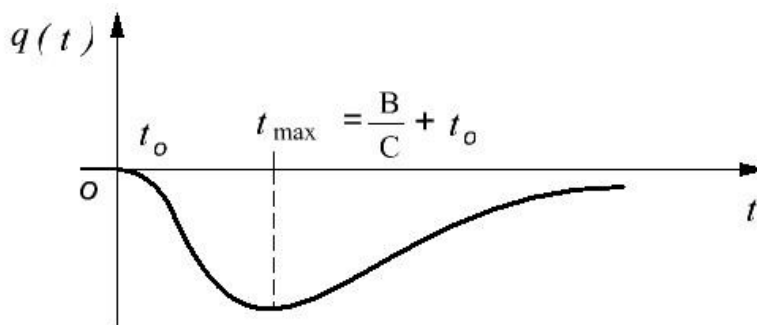
где ρ_u — удельная (объемная) теплота фазового превращения (в данном случае испарения), $Dж/м^3$.

Процесс спекания представляется такой же системой дифференциальных уравнений, что и процесс дегидратации, отличие заключается лишь в том, что фазовый переход происходит между высушенным пеностекольным порошком с λ_{11} и c'_{11} и вязкой массой с λ_{12} и c'_{12} , при $x=\xi$ температура будет порядка $600 \text{ } ^\circ\text{C}$ (по свойствам пеностекольной шихты) и необходимо будет ввести ρ_n — удельную теплоту спекания.

Химическую реакцию, характеризующую процесс вспенивания (участок 4), представим в виде отрицательного источника тепла $q(t)$, который опишем функцией

$$q(t) = -A(t-t_0)^B e^{-C(t-t_0)}, \quad (6)$$

где A , B и C — коэффициенты, определяющие характер протекания реакции, t_0 — время начала химической реакции, знак минус перед формулой отражает факт поглощения тепла (рис. 3).

Рис. 3. График функции $q(t)$

Выбор данной функции обусловлен тем, что она обладает свойствами, схожими с характером изменения температуры шихты на участке 4 (рис.1).

Дифференциальное уравнение в этом случае приобретает вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c'} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + q(t), \quad (7)$$

где T – температура как функция времени и координаты, c' – удельная объемная теплоемкость вязкой массы [Дж/(м³·К)], λ – коэффициент теплопроводности [Вт/(м·К)].

Решение полученной системы уравнений осуществляется численным методом сеток [6].

Построение стохастической модели. При обработке экспериментальных данных часто возникает задача построения эмпирических формул. Решение данной задачи состоит из двух этапов. Во-первых, выбирается общий вид эмпирической формулы и во-вторых, определяются ее параметры. Одно из основных требований предъявляемое к эмпирическим формулам – простота. Наиболее распространенным на практике методом определения параметров эмпирических формул является метод наименьших квадратов [6,7].

В нашем случае наиболее приемлемой является параболическая функция:

$$F(t, a, b, c) = at^2 + bt + c. \quad (8)$$

Для построения аппроксимирующей функции необходимо подобрать коэффициенты так, чтобы величина меры отклонения

$$S = \sum_{i=1}^n [T_i - F(t_i)]^2 \text{ была наименьшей.}$$

Задача минимизации сводится к решению системы уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (T_i - at_i^2 - bt_i - c) t_i^2 = 0, \\ \sum_{i=1}^n (T_i - at_i^2 - bt_i - c) t_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n (T_i - at_i^2 - bt_i - c) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

После преобразований

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n t_i^4 + b \sum_{i=1}^n t_i^3 + c \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n t_i^2 T_i, \\ a \sum_{i=1}^n t_i^3 + b \sum_{i=1}^n t_i^2 + c \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n t_i T_i, \\ a \sum_{i=1}^n t_i^2 + b \sum_{i=1}^n t_i + c n = \sum_{i=1}^n T_i. \end{cases} \quad (10)$$

Решением этой системы являются параметры a, b, c аппроксимирующей функции. Для оценки точности аппроксимации применяется параметр – среднее квадратичное отклонение (СКО):

$$\bar{\Delta} = \sqrt{S/n}, \quad (11)$$

где S – мера отклонения, а n – количество экспериментальных исследований.

Для экспериментальных данных, полученных с помощью автоматизированной системы термического экспресс-анализа можно построить эмпирические формулы, определяющие динамические процессы распределения температуры в разных контрольных точках тигля с пено-стекольной шихтой.

Нижеприведенная модель строилась на основе выборки данных, представленных в табл.1.

Таблица 1

Выборка экспериментальных данных для построения эмпирических формул

термопара 1											
$t_i, \text{ мин}$	14,21	16,4	18,31	20,5	22,41	25	26,53	27	28,45	29,1	29,3
$T_i, ^\circ\text{C}$	136,4	205,9	284,9	415,8	514,2	621,3	735,2	743,5	788,2	794,8	799,8
термопара 2											
$t_i, \text{ мин}$	14,21	16,4	18,31	20,5	22,41	25	26,53	27	28,45	29,1	29,3
$T_i, ^\circ\text{C}$	144,6	222,9	309,4	451,6	555,2	691,4	748	749,9	774,4	780,4	784,6
термопара 3											
$t_i, \text{ мин}$	14,21	16,4	18,31	20,5	22,41	25	26,53	27	28,45	29,1	29,3
$T_i, ^\circ\text{C}$	309,3	443,4	534	652,6	724,9	799,9	828,2	828,1	804,8	799,8	798,9
термопара 4											
$t_i, \text{ мин}$	14,21	16,4	18,31	20,5	22,41	25	26,53	27	28,45	29,1	29,3
$T_i, ^\circ\text{C}$	387,5	512	591,1	694,5	754,3	819,4	853,8	855,7	858,6	847	837,9

Данный временной диапазон соответствует стадиям спекания и вспенивания шихты. При необходимости построения распределения температурного поля выборку данных в разных

$$T(t) = -0,2t^2 + 55,9t - 642, \text{ СКО } \bar{\Delta} \approx 20^\circ\text{C} \text{ (термопара 1),} \quad (12)$$

$$T(t) = -1,1t^2 + 96,3t - 1026, \text{ СКО } \bar{\Delta} \approx 24^\circ\text{C} \text{ (термопара 2),} \quad (13)$$

$$T(t) = -2,7t^2 + 152,1t - 1319,5, \text{ СКО } \bar{\Delta} \approx 13^\circ\text{C} \text{ (термопара 3),} \quad (14)$$

$$T(t) = -2,15t^2 + 124,65t - 957,4, \text{ СКО } \bar{\Delta} \approx 9^\circ\text{C} \text{ (термопара 4).} \quad (15)$$

Проверка качества аппроксимации осуществляется путем сопоставления значений функций и экспериментальных данных.

В дальнейшем, решив уравнение $dT/dt = 0$ можно определить момент начала вспенивания пеностекольной шихты. В данном случае $t_{всп} \approx 28 \text{ мин.}$

Выводы. В ходе математического моделирования тепловых процессов в пеностекольной шихте, во-первых, предложен вариант построения модели детерминированного типа, позволяющей прогнозировать распределение температурного поля внутри тигля с пеностекольной шихтой с учетом движения межфазной границы. Во-вторых, предложен вариант построения модели стохастического типа, позволяющей отслеживать динамические процессы распределения температуры в разных контрольных точках тигля с пеностекольной шихтой и на основе этого определять начало момента вспенивания. Данный фактор, безусловно, влияет на длительность стадии вспенивания, что является важным параметром в технологии производства пеностеклянных блоков [8,9], от которого зависит качество и объем выпускаемой продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Величко Д.В., Рубанов В.Г., Магергут В.З. Об одном подходе к построению математической модели процессов тепловлагопереноса при нагреве пеностекольной шихты // Наукоемкие технологии и инновации: сб. тр. XXI Меж-

контрольных точках стоит делать для одних и тех же моментов времени.

В результате, после обработке данных, получим:

дународ. науч.-практич. конф., (Белгород, 9-10 окт. 2014), Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С.133-137.

2. Величко Д.В., В.Г. Рубанов. Математическое моделирование теплотехнологических процессов с межфазным переходом // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. XXI Международ. науч. конф., (Саратов, 27-30 мая 2008 г.), Саратов: Изд-во СГТУ, 2008. Т.3. С.53-55.

3. Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупеников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей. М.: Металлургия, 1990. 239 с.

4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высш. шк., 1967. 600 с.

5. Ковальногов Н.Н., Лукин Н.М. Теория и техника теплофизического эксперимента: Текст лекций. Ульяновск: УлГТУ, 1999. 196 с.

6. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967. 368 с.

7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 544 с.

8. Демидович Б.К. Пеностекло. Мн.: Наука и техника, 1975. 248 с.

9. Шилл Ф. Пеностекло (производство и применение): Пер. с чешск. М.: Стройиздат, 1965. 308 с.

Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.,
Чемеричко Г.И., канд. техн. наук, проф.,
Стовпенко А.С., студент,
Нарижных В.Ю., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ПУЛЬПЫ В ДИСКОВЫХ ВАКУУМ ФИЛЬТРАХ

lozwa88@mail.ru

В настоящее время в промышленности для разделения, очистки и фильтрации, суспензий, пульп используются дисковые вакуум фильтры, недостатками конструкций, которых является низкая производительность, из-за расслоения пульпы по плотности, а также не равномерного распределения частиц по площади корыта.

Исследование перемещения потоков пульпы в корыте фильтра позволило выявить его конструктивные недостатки и предложить варианты новой конструкции фильтра, которые повысят эффективность разделения твердой и жидкой составляющей пульпы, а следовательно повысят производительность за счет ликвидации застойных зон и расслоения пульпы. Что подтверждается схемами распределения потоков пульпы предложенных в новых вариантах конструкций фильтра, полученных в результате моделирования.

Ключевые слова: разделение; дисковые вакуум фильтры; пульпа; застойные зоны; твердой и жидкой составляющей пульпы.

В настоящее время в строительной, пищевой, горно-химической и угольной промышленности, а так же в черной и цветной металлургии для разделения, очистки и фильтрации пульп, суспензий используются дисковые вакуум фильтры, в которых, использовались диски обтянутые фильтротканью или сеткой, хотя в настоящее время в основном диски изготавливают из пористой керамики. При этом пульпа не должна быть легколетучей, огне- или взрывоопасной, а жидкая фаза не должна кристаллизоваться под вакуумом. Образующийся на фильтрах осадок не должен при просушке сильно растрескиваться, что может привести к попаданию кека обратно в разделяемую жидкость [1-3].

Фильтр (рис. 1) [1, 3] состоит из горизонтально расположенного вращающегося ячеjkового вала 5 с установленными на нем дисками 3, частично погруженными в корыто 2 с фильтруемой суспензией. Корыто фильтра (рис. 2) – сварное с переливным желобом для обеспечения постоянного уровня суспензии.

Каждый диск состоит из 12 разобshенных полых секторов 4. Вал фильтра полый двустенный. Между наружной и внутренней стенками расположены соответственно 12 каналов (ячеек). Полость каждого сектора диска сообщается с соответствующим каналом (ячейкой) вала. Каналы выходят на торцевую поверхность вала, к которой прижата неподвижная распределительная головка 1. При вращении вала секторы последовательно сообщаются с камерами I-IV распределительной головки.

Пульпа подается через коллекторы в корыто с двух сторон (рис. 2). При этом пульпа в основной своей массе осажается на дне корыта и

осаждение на диски происходит не в полной мере.

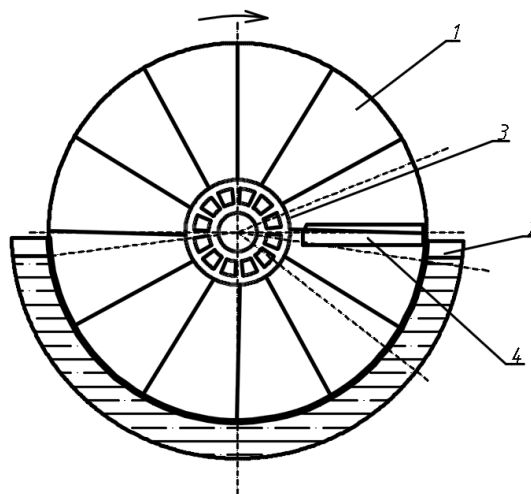


Рис. 1. Схема устройства фильтра

В зоне А фильтрат под действием вакуума поступает через фильтровальную перегородку в полость секторов, а затем через каналы вала и камеру 1, сообщающуюся с вакуумной линией, отводится из фильтра. Твердая фаза задерживается на поверхности перегородки, образуя слой осадка.

В зонах А и В обезвоживания свободная жидкость отсасывается из осадка и отводится из фильтра через камеру I и II. В зоне Г через камеру III подают внутрь секций сжатый воздух для отделения осадка от фильтровальной перегородки и съема его ножом 6. Отдувка осадка осуществляется импульсом с помощью клапана отдувки. В зоне Д происходит регенерация поверхности керамического диска воздухом или кислотой, поступающим через камеру IV. Если

фильтровальную перегородку не забивает осадком, то зону регенерации не используют.

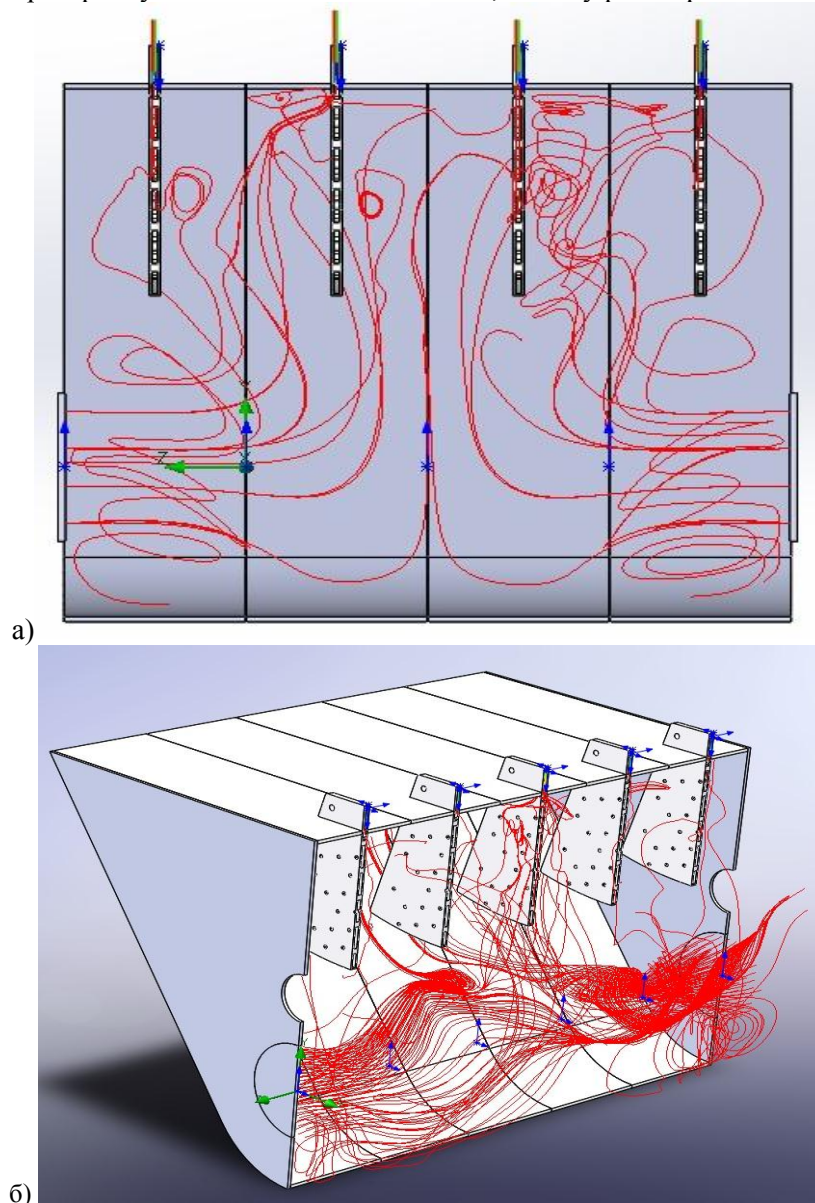


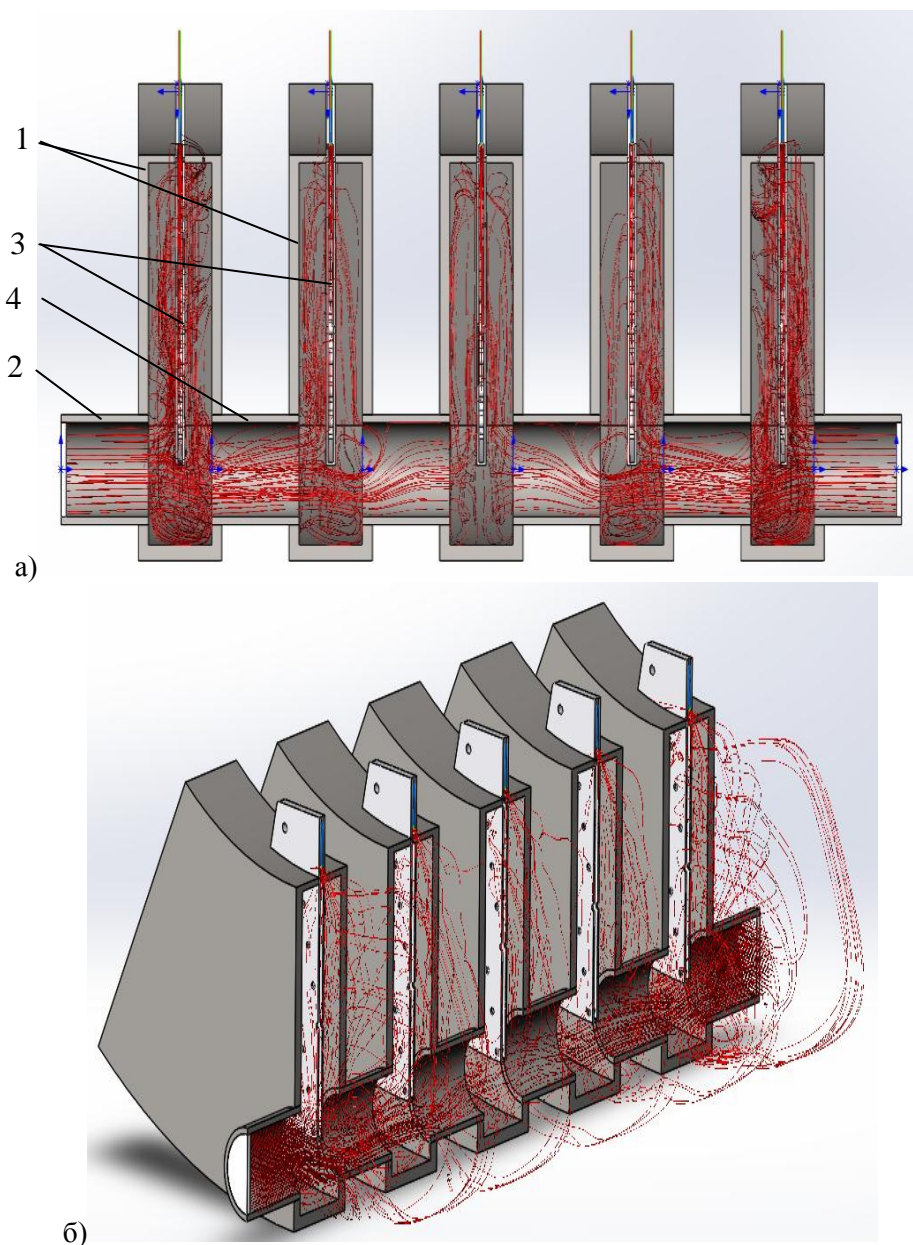
Рис. 2. Распределение потоков в корыте дискового вакуум фильтра:
а – фронтальная проекция; б – трехмерное изображение

Недостатком данной конструкции является низкая производительность фильтра, из-за расслоения пульпы по плотности, а также неравномерного распределения частиц по площади корыта. Для устранения указанных недостатков была предложена новая конструкция фильтра (рис. 3). В котором фильтровальные диски помещаются в отдельные карманы 1, охватывающие часть его поверхности. Внизу все карманы соединены коллектором подачи пульпы. Использование карманов дает возможность повысить полезную площадь контакта потоков пульпы с дисками.

Через вакуумную систему, состоящую из распределительных головок, полого несущего вала, внутренних дренажных каналов фильтровальных дисков 3, создается разрежение в зонах фильтрации и осушки осадка. Вал и филь-

ровальные диски приводятся во вращение с помощью механизма привода, и происходит обычный для данных типов фильтров процесс разделения под вакуумом твердой и жидкой составляющих пульпы.

В карманы 1, находящиеся в корыте, подается пульпа через коллектор 2 с двух сторон, которая распределяется по всей системе карманов через патрубки 4. В карманах имеется сток, для отвода в корыто избыточной пульпы и её равномерного распределения по карманам 1. В диски 3, опущенные в карманы, подается вакуум через полый вал. Далее при вращении вала, кек осажается на поверхности дисков и переходит из зоны фильтрации в зону сушки. При дальнейшем вращении вала, кек срезается с дисков 3 ножом и осыпается в межкарманные перегородки.



б)
Рис. 3. Распределение потоков в карманах дискового вакуум фильтра:
а – фронтальная проекция: 1 – карманы; 2 – коллектор; 3 – диски; 4 – патрубки;
б – трехмерное изображение

Как было сказано выше, подача пульпы осуществляется с двух сторон (рис. 3). Большая часть твердых частиц оседает на дисках крайних карманов, при этом основное количество частиц оседает в нижней их части.

Для уравнивания нагрузки на диски и снижение кавитационных процессов рекомендуется производить уменьшение диаметров патрубков к срединной части фильтра (рис.4), что приводит к более равномерному распределению частиц в потоках трубопровода и обеспечит попадание частиц в центральные карманы фильтра. Так же в нижней части карманов происходит снижение количества частиц, что повышает их

активное перемещение и тем самым снижает застойные явления.

Анализ перемещения потоков пульпы в корпусе фильтра дал возможность выявить его конструктивные недостатки и предложить варианты новой конструкции фильтра, которые повысят эффективность разделения твердой и жидкой составляющей пульпы, а следовательно повысить производительность за счет ликвидации застойных зон и расслоения пульпы. Это подтверждается схемами (рис. 3-4) распределения потоков пульпы в предложенных вариантах конструкции фильтра, полученных в результате моделирования в программной среде SolidWorks 2012.

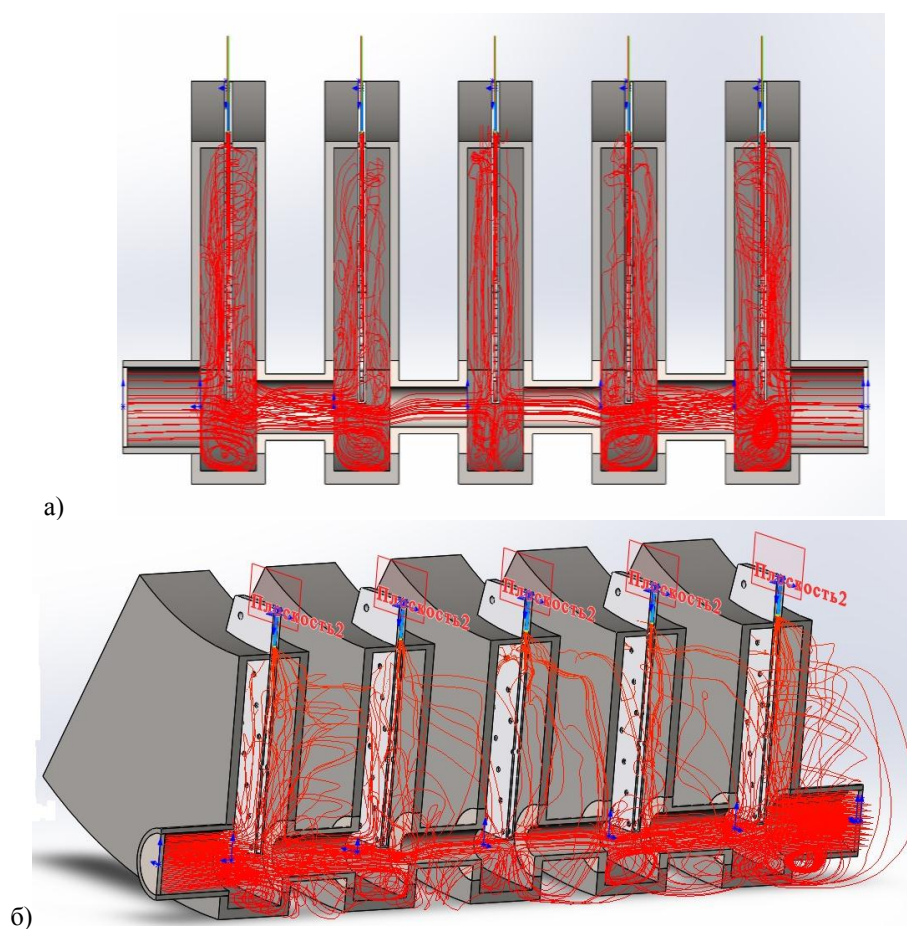


Рис. 4. Распределение потоков в карманах дискового вакуум фильтра:
а – фронтальная проекция; б – трехмерное изображение

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника: учеб. для вузов по спец. "Вакуумная техника".- 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк. 1990.320 с.
2. Лозовая С.Ю., Стовпенко А.С., Старчик Ю.Ю. Повышение качества промпродукта при флотации магнитнорудного сырья / Научные технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Международной науч.-практ. конф., посвя-

щенной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.4. С. 75-77.

3. Стовпенко А.С., Лозовая С.Ю. Усовершенствование конструкции вакуум фильтров с применением современных материалов / Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. / под ред. В.С. Богданова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 303-306.

Семикопченко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Смирнов Д.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА ИЗ КАМЕРЫ ПОМОЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА В ПАТРУБОК ВОЗВРАТА

DmSm1989@yandex.ru

Тонкое измельчение широко применяют в различных отраслях промышленности, в том числе и при производстве строительных материалов. Известно, что наиболее эффективно измельчение осуществлять наряду с классификацией в рамках одной установки, при этом возникает необходимость своевременного отделения крупных частиц. В данной статье рассматривается определение условий перехода частиц, требующих дополнительного измельчения, в патрубок возврата дезинтегратора в зависимости от конструктивных и технологических параметров. Представлены графические зависимости размера частицы, направляемой на доизмельчение, от конструктивных и технологических параметров.

Ключевые слова: измельчение, патрубок возврата, классификация, частица.

Дезинтеграторы являются наиболее эффективными помольными установками, обеспечивающими получение готового продукта с заданным гранулометрическим составом [1].

На основании расчетной схемы, представленной на рис. 1, определим условия

перехода частиц материала из камеры помола дезинтегратора в возвратный патрубок в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

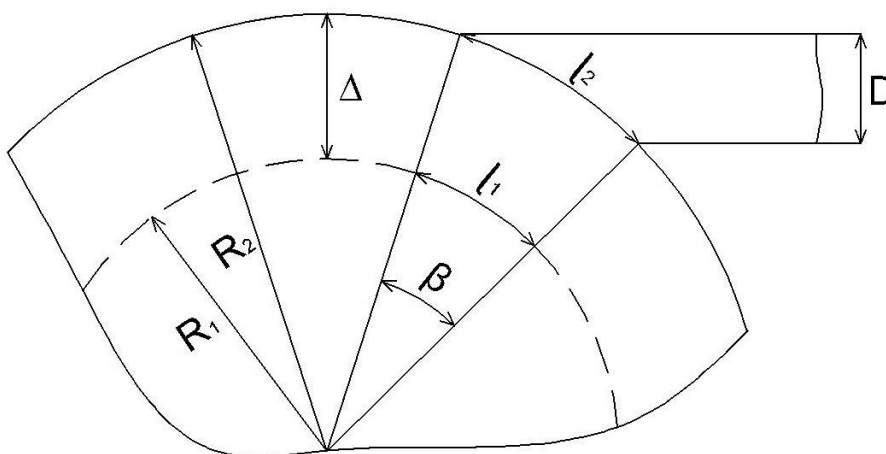


Рис. 1. Расчетная схема к определению условия перехода частиц материала из камеры помола дезинтегратора в возвратный патрубок

При установившемся движении материала в корпусе дезинтегратора в зазоре

$$\Delta = R_2 - R_1, \quad (1)$$

согласно расчетной схемы, представленной на рисунке 1, можно записать следующие соотношения для области изменения $R_1 < r < R_2$:

$$l_r = (R_1 + r)\beta, \quad (2)$$

здесь β – угловой размер возвратного патрубка, выраженный в радианах, который с частотой “ ω ” вращения ротора с рядом ударных элементов радиуса R_1 связан выражением:

$$\beta = \omega\tau, \quad (3)$$

где τ – время движения частицы материала по дуге (2).

С учетом (2) и (3) находим, что

$$\tau = \frac{l_r}{(R_1 + r)\omega}. \quad (4)$$

Установим связь скорости движения частицы материала в радиальном направлении v_r и ее диаметром d_r при установившемся движении частицы материала по равновесной траектории радиуса « r ». Для этого воспользуемся выражением [2]

$$\frac{m_0 v_r^2}{r + R_1} = 3\pi\mu d_r v_r, \quad (5)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости запыленного воздуха внутри зазора размером Δ [3];

Соотношение (5) выражает собой равенство центробежной и стоковской сил.

Учитывая, что:

$$m_0 = \frac{\pi d_r^3}{6} \gamma, \quad (6)$$

$$v_\varphi = \omega(r + R_1), \quad (7)$$

здесь γ – плотность частицы материала.

С учетом (6), (7) соотношение (5) принимает следующий вид:

$$\gamma \frac{d_r^2}{6} \omega^2 (r + R_1) = 3\mu v_r. \quad (8)$$

На основании (8) находим:

$$v_r = \gamma \frac{\omega^2 d_r^2}{18\mu} (r + R_1). \quad (9)$$

Для того, чтобы частица материала из помольной камеры дезинтегратора попала в возвратный патрубок необходимо, чтобы за время (4) частица материала в радиальном направлении прошла расстояние большее или равное Δ_1 [4]:

$$v_r \tau \geq \Delta_1. \quad (10)$$

Подстановка в (10) (4) и (9) приводит к следующему соотношению:

$$\gamma \frac{\omega d_r^2}{18\mu} (r + R_1) \frac{l_r}{R_1 + r} \geq \Delta_1. \quad (11)$$

Рассмотрим условие перехода частиц материала из граничных равновесных траекторий для

$$r = \frac{d_1}{2}, \Delta_1 = \Delta, \quad (12)$$

и
для

$$r = \Delta - \frac{d_2}{2}, \Delta_1 = d_2. \quad (13)$$

Применив (12) к формулам (2) и (11) находим, что

$$\gamma \frac{\omega d_1^2}{18\mu} \left(R_1 + \frac{d_1}{2}\right) \beta \geq \Delta. \quad (14)$$

В свою очередь, применение (13) к формулам (2) и (11) приводит к следующему результату:

$$\gamma \frac{\omega d_2^2}{18\mu} \left(R_2 - \frac{d_2}{2}\right) \beta \geq d_2. \quad (15)$$

В соотношениях (14) и (15) d_1 и d_2 – диаметры частиц, которые совершают переход в возвратный патрубок соответственно из граничных равновесных траекторий (12) и (13).

Учитывая, что отношения

$$\frac{d_1}{2R_1} \ll 1, \quad (16)$$

и

$$\frac{d_2}{2R_2} \ll 1, \quad (17)$$

являются малыми величинами первого порядка малости.

На основании (14) пренебрегая малой величиной (16) находим, что граничный размер диаметра частицы, выходящий в возвратный

патрубок с граничной равновесной траектории (12) равен:

$$d_1 = \sqrt{\frac{18\mu\Delta}{\gamma\omega\beta R_1}}. \quad (18)$$

Аналогично на основании (15), пренебрегая малой величиной (17), определяем граничный размер диаметра частицы, выходящей в возвратный патрубок с граничной равновесной траектории (13):

$$d_2 = \frac{18\mu}{\gamma\omega\beta R_2}. \quad (19)$$

На основании полученных соотношений (18) и (19) построены графические зависимости, представленные на рисунке 2. Анализ полученных графических зависимостей показывает, что диаметры частиц, выходящих в возвратный патрубок, изменяются в пределах от $2,0 \times 10^{-5}$ м до 0,0001 м при заданных технологических и конструктивных параметрах.

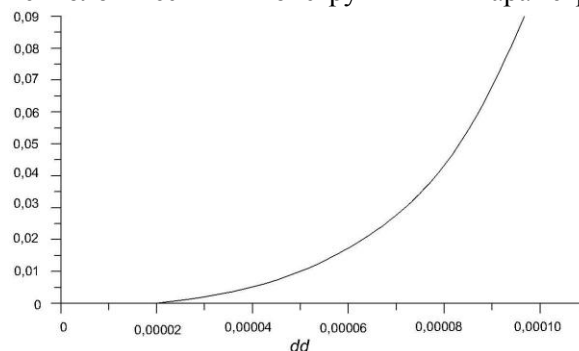


Рис. 2. График распределения частиц материала по равновесным траекториям в возвратном патрубке для следующих параметров: $R_1 = 0,58$ м, $d = 0,09$ м

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. – М.-Л.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П., Вялых С.В., Гордеев С.И. Определение условия выхода частиц материала в разгрузочный патрубок камеры помола дезинтегратора //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 90-91.
3. Ключков Н.В., Блиничев В.Н., Бобков С.П., Пискунов А.В. Методика расчета расхода воздуха в центробежно-ударной мельнице // Известия ВУЗов. Химия и хим. Технология. 1982. №2. С. 230-232.
4. Семикопенко И.А., Вялых С.В., Жуков А.А. Агрегат дезинтеграторного типа с внутренней классификацией материала. //Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 74-76.

Шрубченко И.В., д-р техн. наук, проф.,
Хуртасенко А.В., канд. тех. наук, доц.,
Тимофеев С.П., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ОПОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ АГРЕГАТА*

hurt@intbel.ru

В статье приведены исследования влияния погрешности формы базовых поверхностей деталей опор вращающихся агрегатов на их напряженно-деформированное состояние проведенные с использованием конечно-элементного моделирования. Результаты моделирования, выполненного с учетом погрешности формы, нагрузки от веса частей агрегата и нагрузки от загруженного материала, позволяют прогнозировать поведение конструкции, и выявить факторы, влияющие на точность механической обработки поверхностей деталей опор с использованием мобильного оборудования.

Ключевые слова: погрешность формы, конечно-элементное моделирование, цементная печь, бандаж, напряженно-деформированное состояние.

В цементной промышленности используются различные виды крупногабаритного оборудования, используемого в технологическом процессе. К таким видам оборудования относятся клинкерные обжиговые печи. Конструкции печей представляет собой вращающийся барабан, облицованный внутри огнеупорным кирпичом, который установлен на специальных опорных узлах (роlikоопорах). Вращающаяся обжиговая печь – это агрегат непрерывного действия. Масса эксплуатируемых печей может достигать 6000 тонн, а длина – 230 метров. Количество роlikоопор может достигать 8. В процессе эксплуатации такие агрегаты подвергаются различным видам нагрузок, включая массоинерционные, температурные и переменную динамическую нагрузку. Кроме того во время работы опоры испытывают значительные контактные давления. Все это влияет на потерю геометрической точности базовых поверхностей опор и, как следствие, изменение положение оси агрегата.

При решении задач обеспечения точности базовых деталей опорных узлов крупногабаритных вращающихся агрегатов, а так же их взаимного расположения используются мобильная технология, как предмонтажной, так и восстановительной обработки [1, 2].

При восстановительной обработке поверхностей катания бандажей и роlikов технологических агрегатов непосредственно на месте их эксплуатации помимо задач измерения реальной формы поверхности [3] возникает необходимость учета возможных деформаций элементов агрегата, влияющих на параметры механической обработки.

На практике измерение таких деформаций на рабочем агрегате не представляется возможным или требует достаточно сложных технических решений. Поэтому целесообразно выпол-

нить компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния агрегата в различных условиях (наличие погрешности формы, нагрузки от веса частей агрегата, нагрузка от материала и т.п.) с целью прогнозирования поведения конструкции и определения влияния на параметры механической обработки мобильным оборудованием.

(Технологические решения, связанные с базированием оборудования, технологическими схемами обработки и т.п.).

Исследование напряженно-деформированного состояния таких агрегатов с целью определения допустимых величин дефектов поверхностей, а также их влияния на работоспособность агрегата является актуальной задачей.

В данной работе рассматривается задача определения влияния погрешности формы бандажа на напряженно-деформированное состояние агрегата. Решение задачи выполнено с использованием конечно-элементного моделирования, которое является мощным инструментом, позволяющим численно подтверждать или опровергать теоретические исследования.

Конечно-элементный анализ составляющих конструкции агрегата проводится на участке цементной печи длиной 83000 мм (рис. 1), состоящий из четырех пролетов (1) и пяти сварных бандажей (2). Каждый бандаж опирается на два ролика (3), диаметрами 1500 мм. Угол между осями печи и роlikов составляют 60°. Угол наклона оси печи к горизонту составляет 3°.

Для решения поставленной задачи, с целью сокращения времени расчета, а так же эффективного использования ресурсов вычислительной техники, принято решение упрощения расчетной модели.

На рис. 2 представлена принимаемая расчетная схема участка печи.

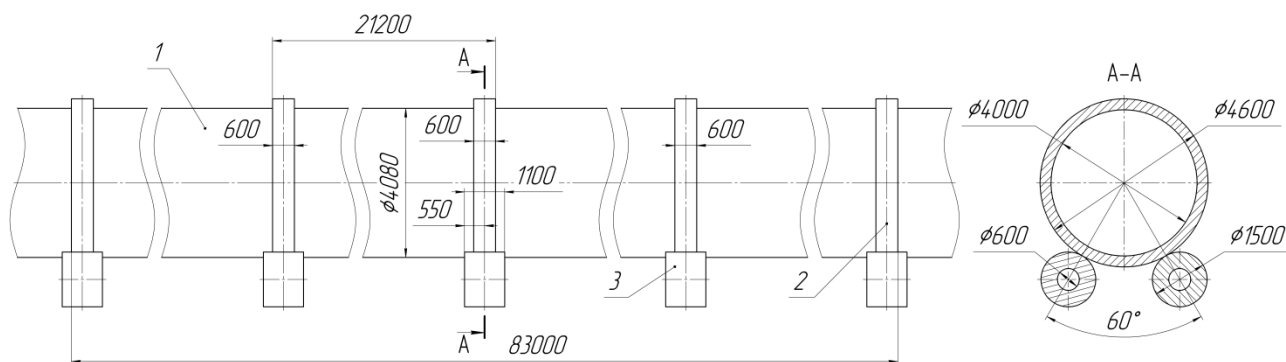
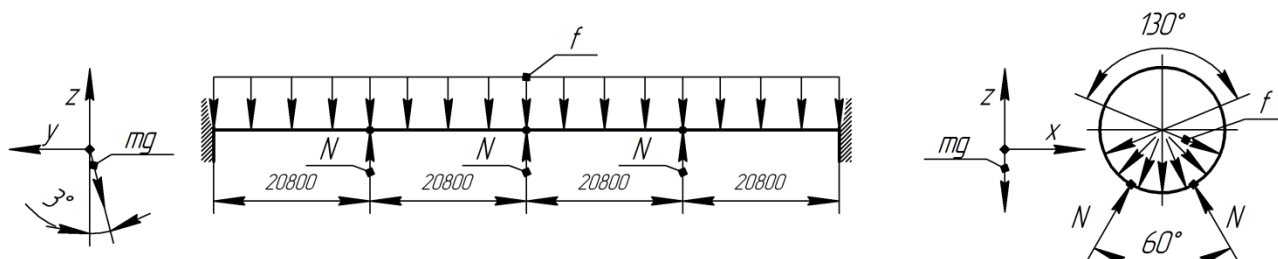


Рис. 1. Общий вид участка печи

Рис. 2. Расчетная схема нагружения участка печи (mg —сила тяжести, N —нормальная реакция опор, f —распределенная сила, действующая на корпус от веса материала, заполняющего внутреннюю часть печи)

В расчетной модели крайние бандажи лишаются пяти степеней свободы, кроме вращения вокруг собственной оси, вследствие того, что при малых деформациях среднего бандажа (до 5 мм), а так же больших габаритных размерах и массе участка печи, деформации и перемещения, возникающие в крайних бандажах, будут незначительны.

Величина распределенной нагрузки рассчитывается как вес материала располагающегося внутри корпуса. Технологический угол наклона печи относительно горизонта составляет 3° , в расчетной схеме задается через отклонение направления вектора силы тяжести от вертикальной оси z , в плоскости yz .

Для исследования с помощью моделирования на поверхности среднего бандажа вводится погрешность формы. Погрешность выражается в

эллипсности наружной поверхности: большая диагональ – 2305 мм, меньшая диагональ – 2300 мм (рис. 3, а).

Цифровая 3D-модель участка печи полученная в системе NX 7.5 представлена на рис. 3, б.

В модели назначены следующие ограничения: фиксация положения роликов (3); выравнивание одноименных торцов роликов; параллельность осей роликов; касание цилиндрических поверхностей роликов и бандажей (2 и 5); симметричность торцов роликов и торцов бандажей каждой из опор; принадлежность оси роликов (4) дополнительным плоскостям (доп. плоскости проходят через ось печи (1) и образуют угол в 60° между); расстояние (фиксированное), от оси роликов до оси печи, что обусловлено конструкцией опоры.

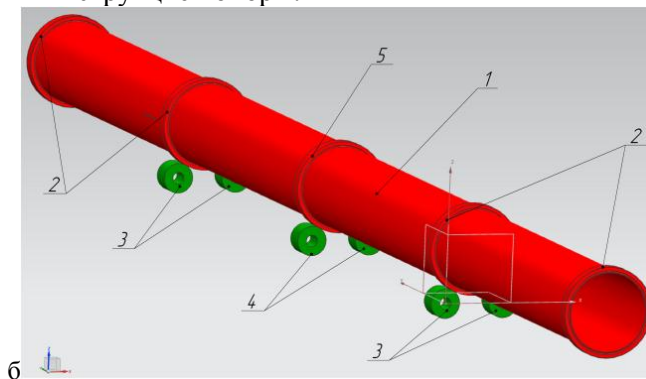
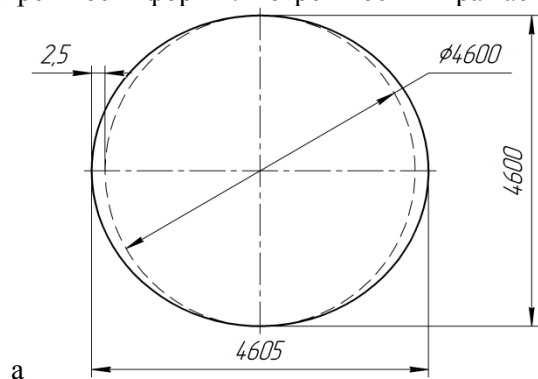


Рис. 3. а – Искажение формы наружной поверхности бандажа; б – 3D-модель участка печи

На основе 3D модели создана конечно-элементная модель в NX Nastran Design Fem (рис. 4, а), со следующими характеристиками:

– материал – 30ГСЛ;
– размер элемента сетки – для корпуса = 150 мм, для роликов = 50 мм.

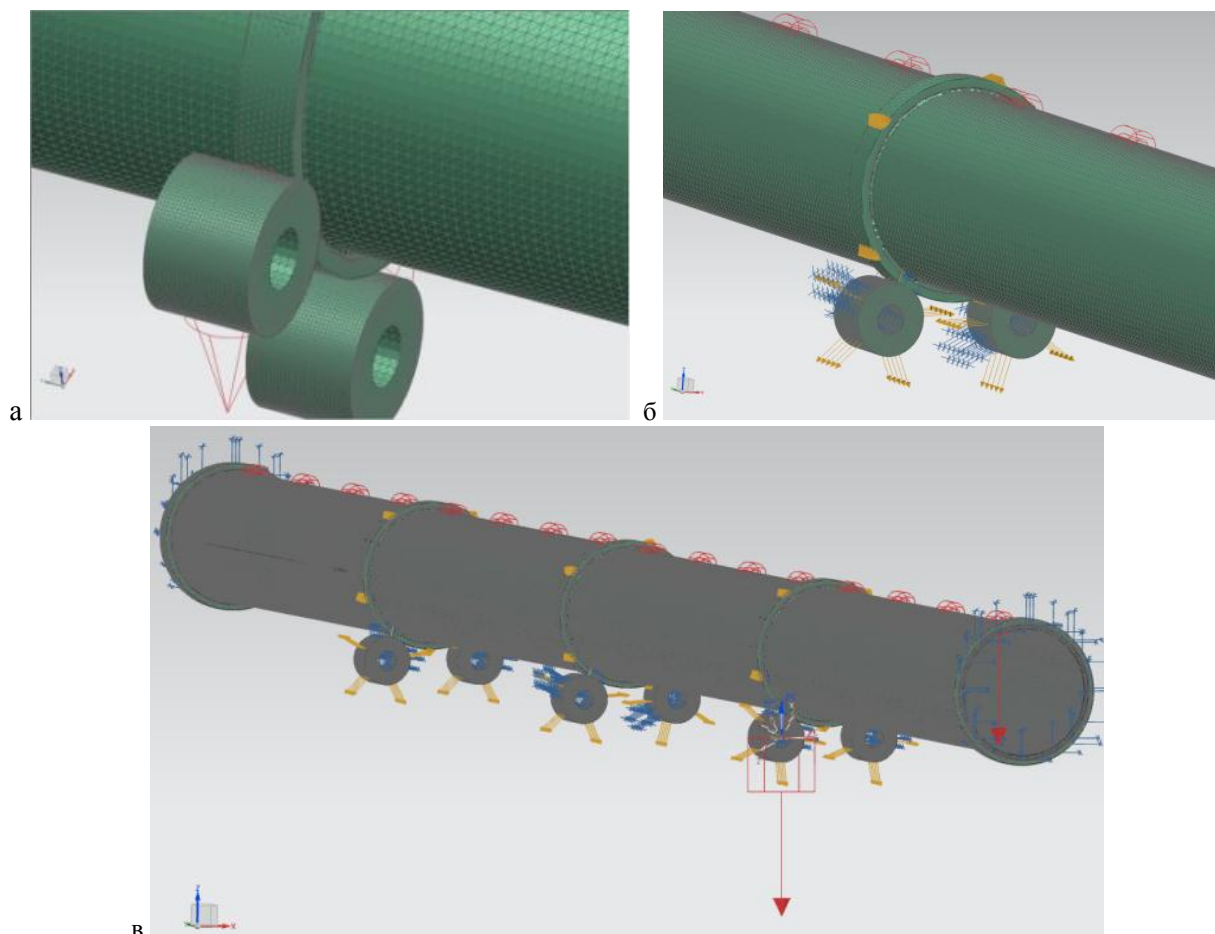


Рис. 4. Конечно-элементная модель

В параметрах решателя, NX Nastran Design Sim, выбран итерационный расчет и необходимые параметры результатов решения, при этом в качестве условий симуляции модели (рис. 4, б) выбраны: контактное взаимодействие поверхность-поверхность, между цилиндрическими поверхностями роликов и бандажа; нагрузка – сила тяжести и давление смятия на внутренней цилиндрической поверхности корпуса печи; фиксация всех перемещений роликов 3 (рис. 3, б), кроме осевого вращения; принудительного перемещения роликов 4 (рис. 3, б) на величину деформации к оси печи в плоскости осей ролика

и бандажа; для торцовых поверхностей печи, разрешено осевое вращение, остальные перемещения запрещены.

Назначенные нагрузки (рис. 4, в): распределенная сила внутри печи с углом области 130° , и величиной 355029 Н ; сила тяжести, устанавливается под углом 3° к оси z , в плоскости yz .

За исходное принимаем положение, когда большая диагональ деформированного бандажа находится в горизонтальном положении (рис. 5, а). Поворот печи осуществляется против часовой стрелки до полного поворота, с расчетом системы через каждые 10 градусов.

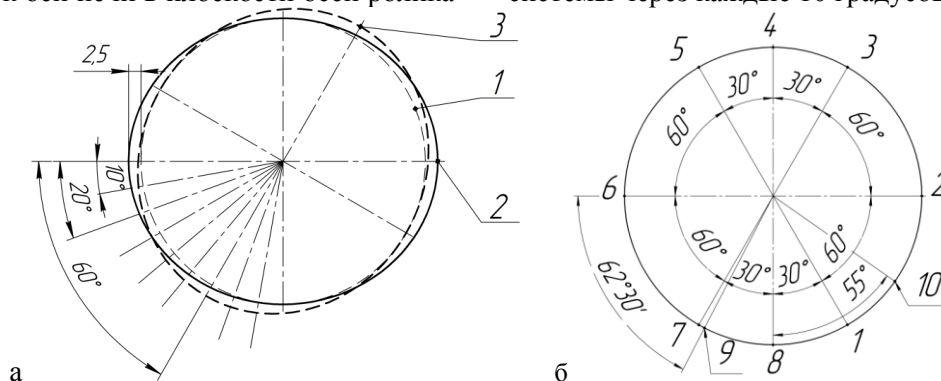


Рис. 5. а – Конечно-элементная модель (1- недеформированный бандаж, 2- деформированный бандаж (принятое начальное положение), 3- деформированный бандаж (повернут на 60° от начального положения)); б – Расположение рассматриваемых точек в среднем радиальном сечении по наружной поверхности деформированного бандажа (1 и 7 точки касания бандажа и поддерживающих роликов)

Результаты решения, представлены ниже на рисунках и графиках. Графики строятся для точек указанных на рис. 5, б.

Расчетные деформации исследуемой модели представлены на рис. 6-11:

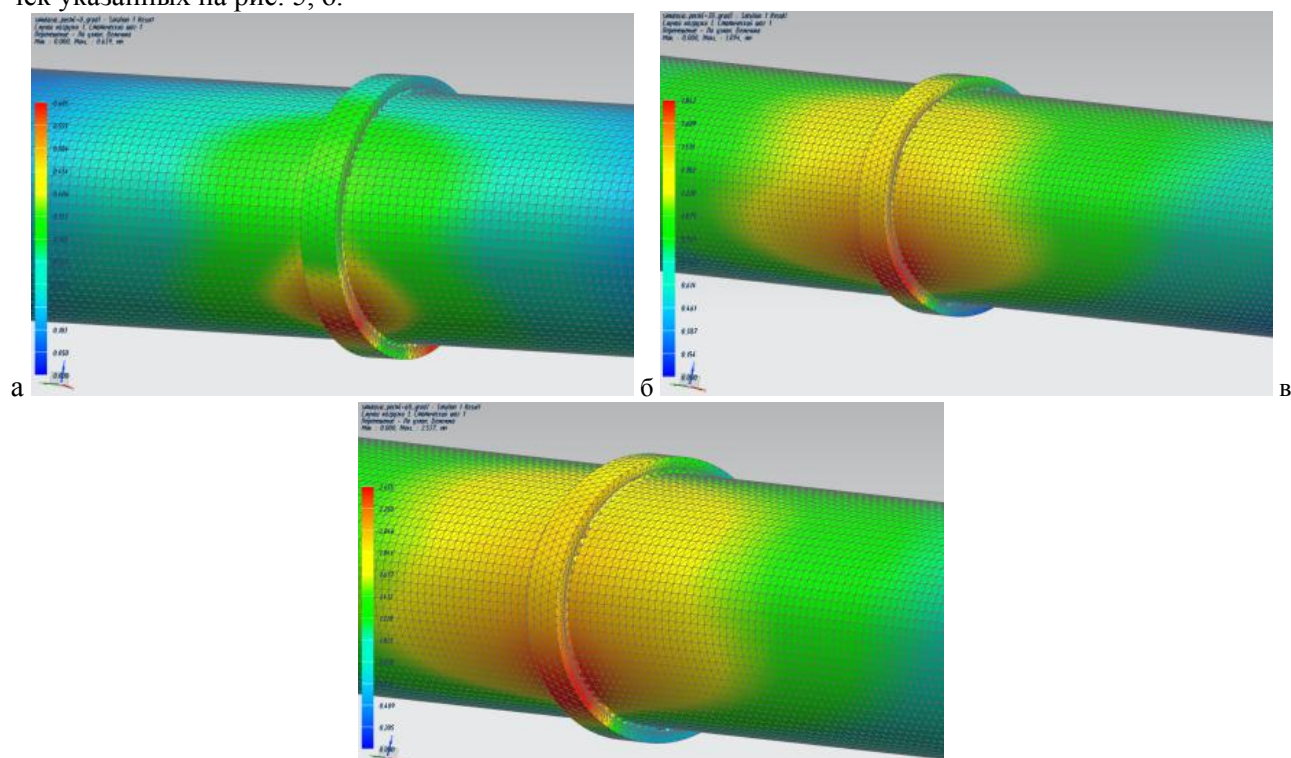


Рис. 6. Деформации цементной печи в области среднего бандажа:
а – в исходном положении; б – при повороте на 30°; в – при повороте на 60°

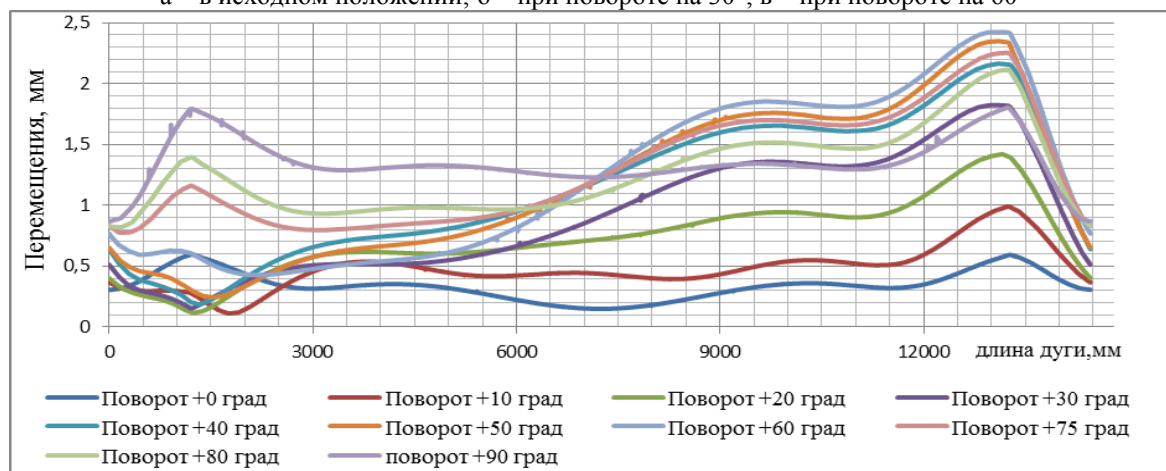


Рис. 7. График перемещений точек наружного контура среднего сечения поверхности бандажа для различных угловых положений (начальная точка 8 в соответствии с рис. 5, б)

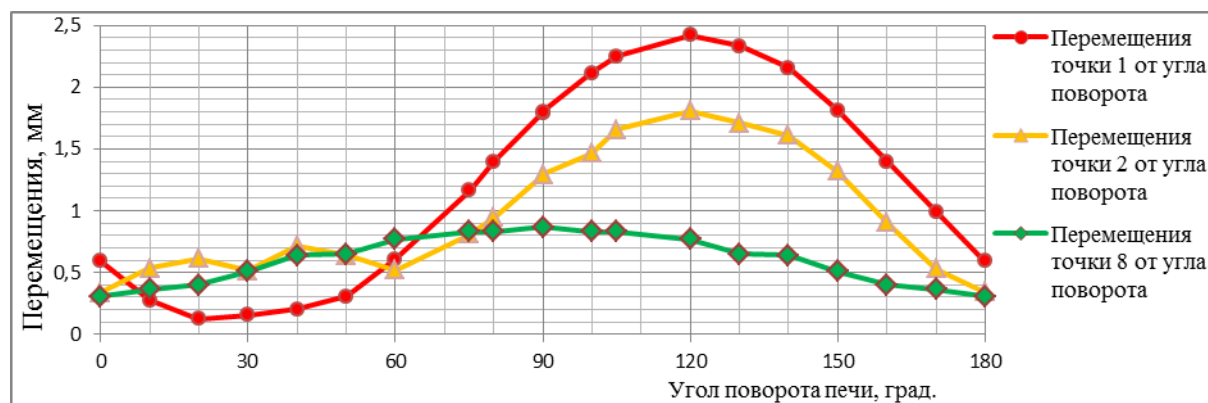


Рис. 8. График перемещений контура в точках 1, 2 и 8 (рис. 5, б) радиального сечения бандажа в зависимости от угла поворота печи относительно её начального положения.

Перемещение контура радиального сечения бандажа в точке установки обрабатывающего станка (точка 10 рис. 5, б) в зависимости от угла

поворота печи относительно её начального положения показано на рис. 9.



Рис. 9. График перемещений контура в точке 10 (рис. 5, б) радиального сечения бандажа в зависимости от угла поворота печи относительно её начального положения.

Расчетные напряжения в исследуемой модели представлены на рис. 10-12:

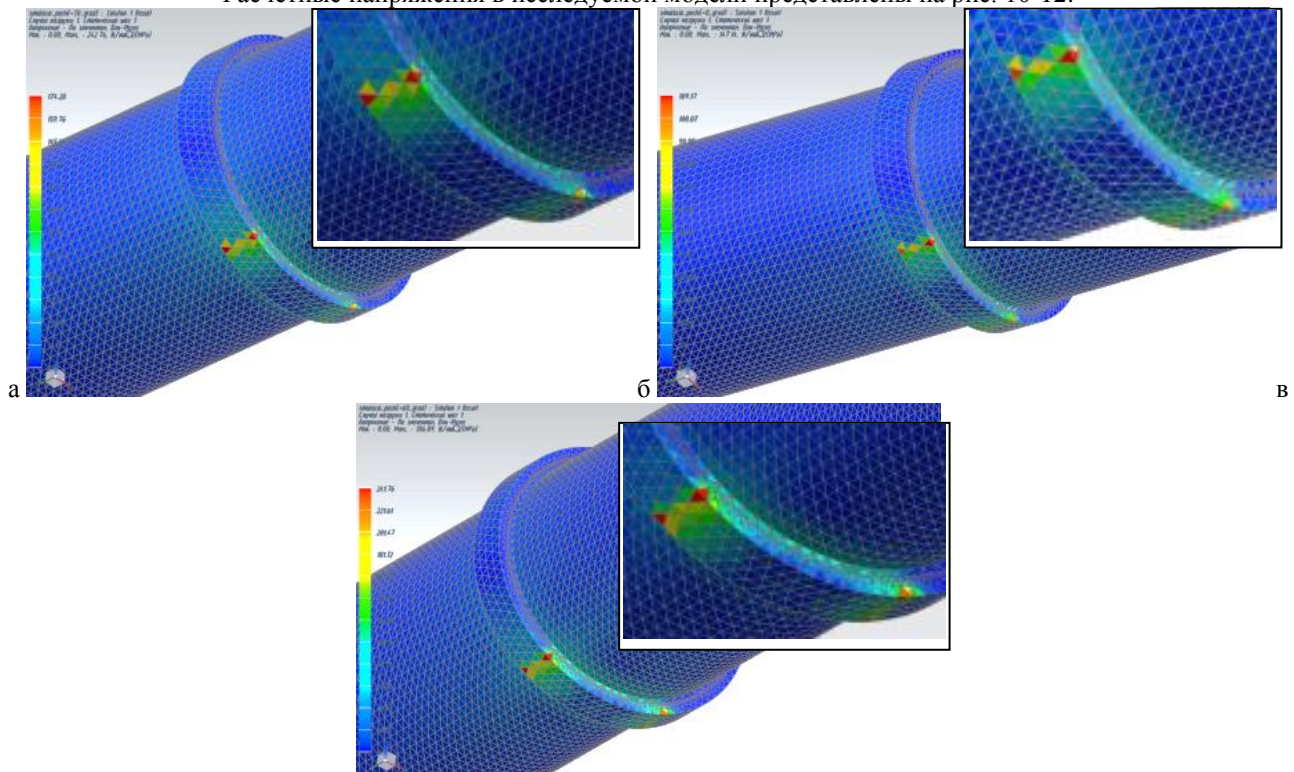


Рис. 10. Напряжения цементной печи в районе среднего бандажа: а – в исходном положении; б – при повороте на 30°; в – при повороте на 60°.

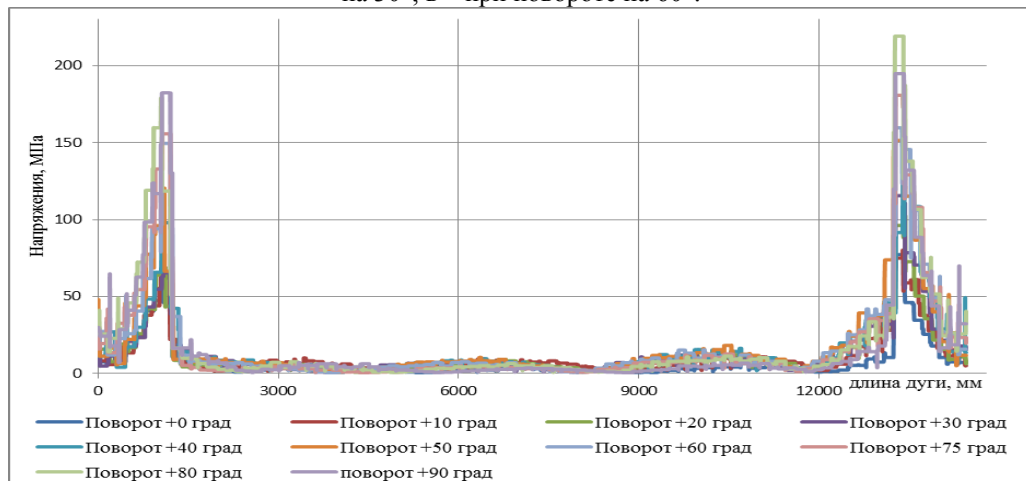


Рис. 11. Общий график напряжений в точках расположенных по средней линии наружной цилиндрической поверхности бандажа для всех расчетных положений. Начальная точка 8 (рис. 5, б)

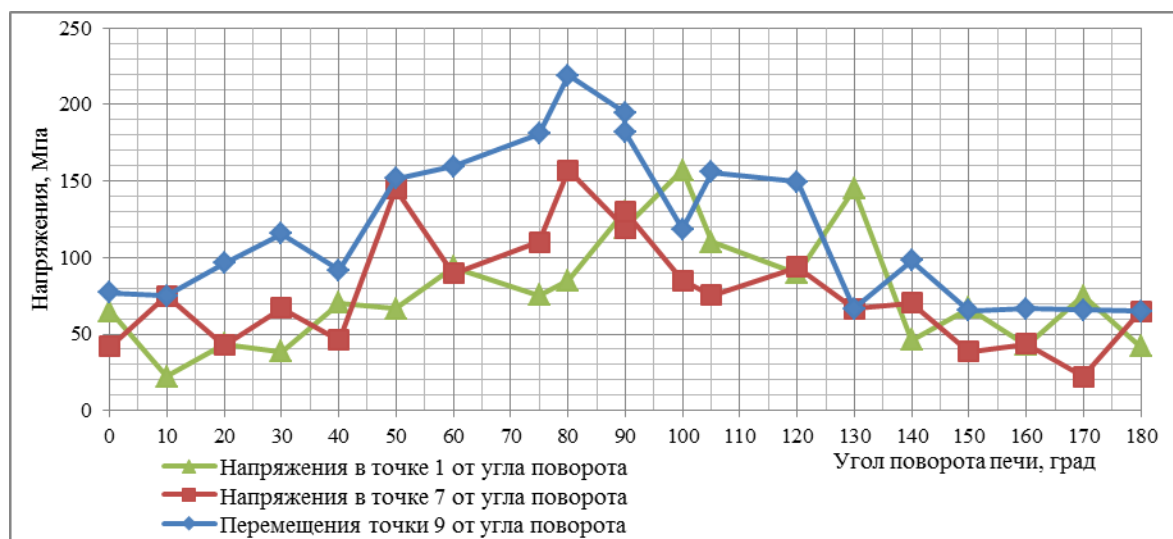


Рис. 12. График напряжений в точках 1, 7 и 9 (рис. 5, б) в зависимости от угла поворота печи относительно её начального положения

Таким образом, результаты конечно-элементного моделирования участка цементной печи позволяют судить об изменениях формы и состояния изделия. Под влиянием принятой выше погрешности формы в корпусе печи и бандажах наблюдаются соответствующие выше приведенным графикам перемещения и деформации элементов, и, как следствие, изменения геометрической формы конструкции. Максимальные расчетные деформации в корпусе печи составляют до 2,5 мм/мм, а внутренние напряжения до 220 МПа. Анализ значений этих параметров при различных условиях расположения и величинах дефектов на всех опорах позволяет судить о допустимых значениях регламентируемой погрешности формы для деталей опор.

**Работа выполнена в рамках гранта РФФИ*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шрубченко И. В., Мурыгина Л.В., Щетинин Н. А. Технологический процесс реконструкции бандажей типа «П» в тип «В» // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 73-77.
2. Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Рыбалко В.Ю., Щетинин Н.А. Исследование изменений напряженно-деформированного состояния бандажей при их реконструкции из плавающего типа во вварной. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 91-96.
3. Хуртасенко А.В. Технология восстановительной обработки крупногабаритных деталей с использованием методов активного контроля: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 144 с.

Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.,
Ильина Т.Н., д-р техн. наук, проф.,
Уваров В.А., д-р техн. наук, проф.
Шинкарев Л.И., инж.

Белгородский технологический университет им. В.Г. Шухова

СПОСОБЫ КОМПАКТИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

msev31@mail.ru

Подтверждена актуальность утилизации техногенных дисперсных материалов методом компактирования. Рассмотрены неиспользованные резервы процессов агломерации в технологиях окатывания, экструдирования, брикетирования, а также конструкции традиционных аппаратов для их реализации.

Разработаны ресурсосберегающие технологии и технические средства для компактирования техногенных материалов с различными физико-химическими свойствами.

Ключевые слова: компактирование, техногенные материалы, вибрационно-центробежный гранулятор, пресс-валковый экструдер, вальцевый пресс.

Проблема комплексной утилизации техногенных материалов особенно актуальна и востребована в такой крупномасштабной и материалоёмкой отрасли, как промышленность строительных материалов [1,2].

По оценке российских специалистов на данный момент в нашей стране накоплено более 80 млрд. тонн твердых бытовых отходов (ТБО). Ежегодно образуется около 3 млрд. тонн промышленных отходов и 40 млн. тонн ТБО. Из них более 90% составляют хвосты добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых [3-5].

Во многих отраслях промышленности (керамической, цементной, стекольной, горнодобывающей и др.) процессу производства основной продукции сопутствуют инновационные технологии по утилизации отходов. Это реализуется в формировании тонкодисперсных или порошкообразных шихт в компактированные тела заданной геометрической формы и размеров. Технологии, позволяющие вторично перерабатывать отходы производства позволяют получать новые конкурентоспособные материалы с различными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами. Данный подход к выпуску различных видов продукции является весьма рациональным и экономически выгодным.

Наиболее известные из существующих технологий утилизации техногенных материалов (окатывание, гранулирование, экструдирование, прокатка, брикетирование, прессование и др.) частично решают вышеуказанную проблему, но не являются универсальными. Традиционные способы агломерации не всегда позволяют учесть специфические особенности исходного гранулируемого материала, что затрудняет получение продукции с заданными физико-

механическими характеристиками и ограничивают области их применения [6,7]

Так, например, в технологии окатывания (тарельчатые, барабанные, вибрационные грануляторы и др.) существуют следующие технологические проблемы: отсутствие стадии предварительного уплотнения материала с образованием центров гранулообразования (микрогранулирования) отрицательно влияет на качество получаемой продукции и ее стабильный состав; неравномерное распределение связующего в гранулируемом слое смеси при использовании материалов с высоким водопоглощением; при вибрационном воздействии на композиционную смесь материалов с различной плотностью компонентов при ее виброгранулировании имеет место сегрегация гранулируемой шихты и др.

В технологии экструдирования возникают проблемы иного рода: недостаточная плотность гранул, получаемых при воздействии на материал прессующих валков и шнека в существующих экструдерах; невысокая степень предварительного уплотнения материала и отсутствие выдержки шихты под давлением для релаксации упругих деформаций; повышенный износ рабочих органов, а также отсутствие возможности подогрева материала внутри корпуса при эксплуатации агрегата в различных температурных условиях окружающей среды или использовании термопластичных материалов и др.

Технология брикетирования также требует своего совершенствования: невозможность полного удаления газообразной фазы из прессуемого материала; незначительное время выдержки прессуемых брикетов под воздействием силовой нагрузки; неравномерность скорости приложения и снятия нагрузки; отсутствие возможности регулирования давления прессования, пластических свойств формируемой шихты, ее равномерно-

го распределения по ширине рабочих органов; ограниченная возможность регулирования степени предварительного уплотнения материала, а также сложность восстановления изношенных формующих элементов и др.

Проведенные многолетние исследования в области создания энергоэффективной техники и ресурсосберегающих технологий позволили нам разработать патентозащищенные конструкции машин, в которых реализованы новые принципы организации процессов компактирования техногенных материалов с учетом их специфических особенностей: малой насыпной массы и пластичности; низкой сыпучести и склонности к зависанию; повышенной влагопотребности и агрегирования и др.

Разработанные агрегаты используются как в существующих ресурсо-энергосберегающих технологиях, так и предназначены для перспективных инновационных технологий.

Для реализации процесса виброгранулирования техногенных материалов нами разработан вибрационно-центробежный гранулятор (ВЦГ, Рис. 1, Патент РФ № 2412753), в котором реализуются следующие технологические процессы [8]:

а) с целью гранулирования различных по плотности и грансоставу исходных материалов, а также повышения эффективности процесса и качества выпускаемой продукции используется специальное устройство подготовки - микрогранулирование, включающее два пресс-валка с профильной прессующей поверхностью;

б) для обеспечения постадийной и селективной обработки материала гранулятор снабжен блоком формования, состоящим из трех цилиндрических барабанов, последовательно обеспечивающих классифицирующее и вибрационно-центробежное воздействие на гранулируемый материал, причем два последних из которых обеспечивают водопадно-каскадный и каскадный режимы гранулообразования;

в) возможность изменения положения второго барабана относительно первого или третьего позволяет, соответственно, усилить эффект водопадного или каскадного воздействия на гранулируемый материал;

г) наличие торообразных камер, закрепленных на торцах третьего барабана обеспечивает большую степень свободы в движении сформованных гранул, а, следовательно, - придание им сферической формы и упрочнение их поверхностного слоя.

В отличие от известных вибро- и окаточных грануляторов данный агрегат за счет изменения кинематики движения формующих барабанов и величины динамического воздействия

на гранулируемый материал позволяет получать более качественные гранулы с заданными физико-механическими характеристиками: плотностью, прочностью, размерами и др. из техногенных материалов с различными пластическими свойствами.



Рис. 1. Вибрационно-центробежный гранулятор

Для экструдирования техногенных порошкообразных материалов с различными физико-механическими характеристиками (дисперсностью, пластичностью, плотностью, сыпучестью и др.) нами разработан многоцелевой гранулятор-экструдер [9,10] (Рис.2, Патент РФ № 2207247, А.св. № 30244), а также гранулятор волокнистых материалов [11] (Патент РФ № 135539).

В разработанных конструкциях пресс-валковых экструдеров (ПВЭ) учтены недостатки известных аналогов, а также расширены функциональные возможности агрегатов:

а) предложено совмещенное исполнение предуплотняющего шнека и вращающейся пресс-матрицы;

б) для равномерной подачи прессуемой шихты в шнековый пресс предусмотрен загрузочный бункер с вибрирующим устройством на корпусе, что стабилизирует процесс подачи материала;

в) за счет устройства для предварительного уплотнения в загрузочном бункере, плавного увеличения диаметра вала шнека в сторону зоны формования, наличия прессующей головки и прорезиненных валков, расположенных эксцентрично своей оси происходит эффективное предварительное уплотнение шихты и выдержка ее под давлением, а также варьируется плотность материала;

г) в корпусе шнека предусмотрены термоподогрев уплотняемой массы и возможность ввода в нее пластификаторов;

д) за счет выгрузки подпрессованного материала в центральную часть по ширине пресс-

матрицы происходит равномерное распределение шихты по ширине валков.



Рис. 2. Пресс-валковый экструдер новой конструкции

В конструкции гранулятора волокнистых материалов (Рис. 3) для формования шихты малой насыпной массы (например, измельченные целлюлозно-бумажные отходы) реализованы следующие технические решения:

а) для удаления воздушной фазы предусмотрены предуплотнительные устройства, состоящие из внутреннего подвижного и наружного неподвижного конусов с гладкими и ребристыми поверхностями;

б) расположение конусов образуют с корпусом гранулятора резервуар для хранения и подачи жидкого связующего или пара;

в) для уменьшения застойной зоны и направления движения материала под прессующие валцы в верхней части корпуса установлена вибрирующая воронка с наклонными бортами и др.

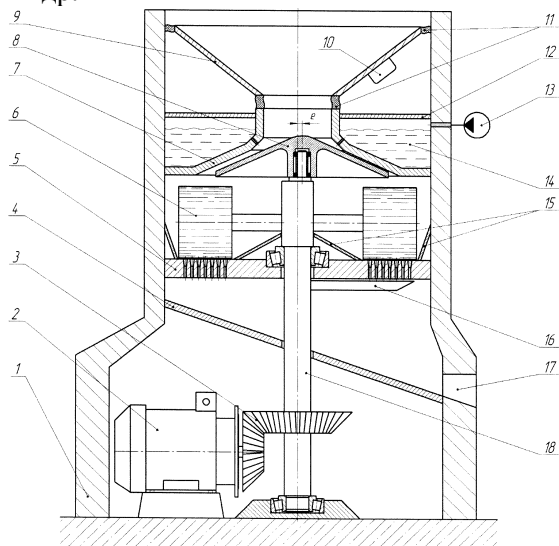


Рис. 3. Гранулятор волокнистых материалов:

1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 – механическая передача; 4 – наклонный стол; 5 – неподвижная дисковая матрица; 6 – валцы; 7 – наружный неподвижный конус; 8 – внутренний подвижный конус; 9 – загрузочная воронка; 10 – высокочастотный генератор; 11 – упругие элементы; 12 – герметизирующая крышка; 13 – насос; 14 – резервуар; 15 – наклонные борта; 16 – нож; 17 – выгрузочное отверстие.

Для брикетирования техногенных материалов с низкой насыпной массой и малой сыпучестью (техногенные волокнистые материалы, отходы вермикулитового и деревообрабатывающего производства, целлюлозно-бумажные отходы и др.) нами разработан способ формования порошкообразных и вязкопластичных техногенных материалов с малой насыпной массой и пресс-валковый агрегат для его осуществления [12] (ПВА, Рис. 4, Патент РФ № 2473421).

При проведении научных исследований и выполнении конструкторско-технологических разработок были решены следующие задачи:

а) разработаны специальные устройства (валковый и вибро-щелевой уплотнители) для предварительного уплотнения шихты, что обеспечивает равномерное питание и распределение шихты по ширине формующих элементов, обеспечивает возможность варьирования давления прессования в вальцах;

б) за счет устройств постадийного уплотнения техногенных материалов обеспечивается удаление газообразной фазы из рыхлой малосыпучей шихты с низкой насыпной массой на стадии предподготовки, что исключает запрессовку воздуха в прессуемые тела и появление в них трещин;

в) за счет использования желобково-зубчатой формы формующих элементов, а также большего давления прессования увеличена производительность пресс-валкового агрегата на 15-20% и повышено качество спрессованных брикетов.

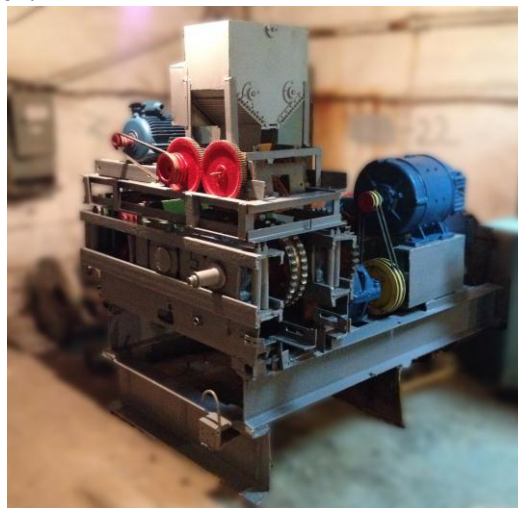


Рис. 4. Пресс-валковый агрегат с устройствами для предварительного уплотнения шихты

Для прессования порошкообразных материалов с различными физико-механическими характеристиками разработана новая конструкция вальцевого пресса с протяженной зоной уплотнения материала и съемными формующими элементами [13] (Рис. 5, Патент РФ № 2204486).

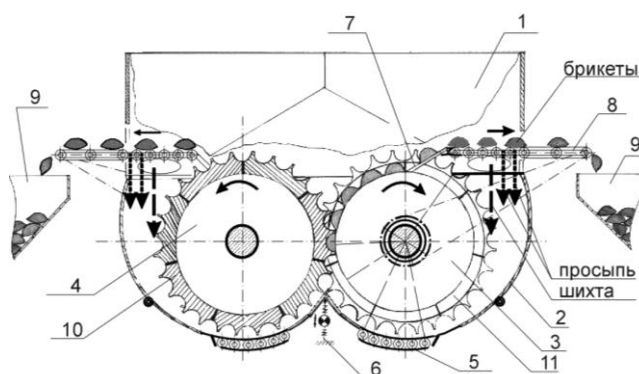


Рис.5. Конструкция вальцевого пресса с протяженной зоной предварительного уплотнения шихты:

1 – загрузочный бункер; 2 – дугообразная пластина протяженной зоны уплотнения; 3,4 – вальцы; 5 – бесконечная лента; 6- виброуплотняющее устройство; 7 – очистная гребенка; 8 – устройство возврата просыпи и удаления брикетов; 9 – бункеры готовой продукции; 10 – съемные формующие элементы зубчатого типа; 11 – съемные формующие элементы желобково-зубчатого типа.

Разработанная конструкция вальцевого пресса с протяженной зоной предварительного уплотнения имеет следующие преимущества:

а) имеет высокий коэффициент предварительного уплотнения шихты $k_{упл.}=2,5-3$ за счет протяженных зон обезвоздушивания и деформирования материала;

б) обеспечивает высокую производительность в виду наличия двухстороннего потока шихты и использования каждого из вальцов в виде формующего органа;

в) повышает выход качественной готовой продукции за счет возврата просыпи в зону формования;

г) обеспечивает высокое качество спрессованных брикетов за счет наличия протяженной зоны предварительного уплотнения шихты (обезвоздушивания, эффективной упаковки частиц при вибровоздействии, снижения величины упругой деформации спрессованных тел после снятия напряжений – релаксации напряжений), а также за счет надежного выхода брикетов из желобов формующих элементов при использовании специальных устройств;

д) увеличивает степень уплотнения шихты (качество брикетов) из-за протяженного времени динамического воздействия на уплотняемый материал, выдержки его под давлением и снижения, соответственно, величины упругих деформаций после снятия напряжений и др.

Полученная продукция: сферообразные и цилиндрические гранулы, спрессованные брикеты (рис. 6 а, б, в) могут быть использованы для решения ряда инновационных технологических задач и производства новых видов продукции.



Рис. 6. Сформованные гранулы и брикеты в ВЦГ (а), ПВЭ (б), ПВА (в)

Таким образом, проведенный нами комплекс теоретических, конструкторско-технологических и экспериментальных исследований позволил разработать высокоэффективные агрегаты для компактирования техногенных материалов с различными физико-механическими свойствами.

**Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (Код проекта НШ-588.2012.8), а также Министерства образования и науки РФ в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г.Шухова на 2012-2016 г. (2011 / ПР-146).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губанов Л.И. Рециклирование материалов из отходов и осадков сточных вод при повторном использовании в производстве / Л.И. Губанов, А.Ю. Зверева, В.И. Зверева // Учебное пособие. Н. Новгород, 2009. 405 с.

2. Назаров В.И. Переработка и утилизация дисперсных материалов и твердых отходов / В.И. Назаров, Д.А. Макаренков, Г.В. Четверта-

ков и др. / Учебное пособие М.: Альфа-М, 2014. 462 с.

3. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справочное издание / Под ред. Б.Б. Бобовича.- М.: Интермет Инжиниринг, 2000. - 496 с.

4. Никитин Д.П. Окружающая среда и человек / Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков. М.: Высшая школа, 2000. 240 с.

5. Севостьянов В.С. Техника и технология утилизации техногенных материалов керамзитового производства / В.С. Севостьянов, А.И. Нестерцов, С.В. Свергузова и др. «Строительные материалы». 2006. №11. С.17-19.

6. Ильина Т.Н. Процессы агломерации в технологиях переработки дисперсных материалов : Монография / Т.Н. Ильина. – Белгород : Изд. БГТУ, 2009. 229 с.

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

8. Патент № 2412753 РФ. Вибрационно-центробежный гранулятор / Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Уральский А.В., Шкарпеткин Е.А.; заявл. 25.09.09; опубл. 27.02.2011, Бюл. №6.

9. Патент № 2207247 Р.Ф., В 29 В 9/06/ Пресс-валковый экструдер./ Гридчин А.М.,

Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Севостьянов М.В. и др.-опубл. 27.06.2003, Бюл. №18.

10. Свидетельство на полезную модель № 30244 «Многоцелевой гранулятор» Авторы: Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Севостьянов М.В. и др.-Опубли. 27.06.2003, Бюл. № 18.

11. Патент № 135539 Р.Ф. МПК В01J 2/20 /Гранулятор волокнистых материалов Севостьянов М.В., Ильина Т.Н., Осокин А.В., Севостьянов В.С., Сабитов Р.А.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова. - № 2013130468/05; заявл. 02.07.2013; опубл. 20.12.2013, Бюл. №35. - 2с.

12. Патент № 2473421 Р.Ф. МПК В28В 3/12. Способ формования техногенных материалов и пресс-валковый агрегат для его осуществления / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, С.В. Свергузова, Л.И. Шинкарев, М.Н. Спирин, Д.Д. Фетисов, М.В. Севостьянов, Ж.А. Свергузова, заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, опубл. Бюл. №3 27.01.2013 – 10с.

13. Патент № 2204486 Р.Ф. 7 В 30 В 11/18, В 28 В 3/14/ Вальцовый пресс для брикетирования порошкообразных материалов./ Севостьянов В.С., Зубаков А.П., Бондаренко В.Н., Новиков Э.В., Севостьянов М.В.- Оpubл.20.05.2003 Бюл. № 14.

Дуюн Т.А., д-р техн. наук, проф.,
Бешевли О.Б., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И ПОЛУЧАЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ БАББИТОВ

Oleg-beshevli@yandex.ru

Применение крупногабаритных вращающихся агрегатов в промышленности становится возможным благодаря использованию подшипников качения значительных размеров, в которых используются антифрикционные материалы, такие как баббит. Баббиты в основе своей состоят из свинца или олова и различных примесей. Баббиты используются в большом количестве изделий самых различных предназначений и размеров, но литературе, которая находится в свободном доступе практически не встречаются рекомендации по режимам обработки баббитов. Для подбора оптимальных режимов резания и изучения влияния различных факторов на процесс фрезерования баббитов марок Б 83 и Б16 была проведена серия экспериментов, которая показала сильную зависимость качества обработанной поверхности от температуры в зоне резания. Использование баббитов для вкладышей подшипников скольжения накладывает жесткие ограничения на качество обработанной поверхности, которое необходимо достигнуть после обработки.

Ключевые слова: механическая обработка баббита; температура в зоне резания; зависимость шероховатости от режимов резания; получаемое качество при фрезеровании баббита.

Баббиты широко применяются в качестве антифрикционного материала опор подшипников скольжения. Баббит является легкоплавким пластичным материалом, поэтому его механическая обработка связана с такими явлениями как оплавление и наростообразование. Оплавление возникает в случаях, когда температура в зоне резания превышает температуру плавления баббита. Обеспечение допустимой температуры в зоне резания является особенно важной задачей, так как исходя из физико-механических свойств уже при 240°C баббиты размягчаются, интенсифицируется наростообразование и процесс резания существенно усложняется [1].

При фрезеровании баббитов на фрезе образуются постоянно изменяющиеся в размерах наросты обработанного материала, которые создают нестабильную геометрию режущей части инструмента и, участвуя в процессе формообразования обработанной поверхности, негативно сказываются на формировании качества обрабатываемой поверхности [2], что недопустимо с точки зрения обеспечения функционального назначения поверхности скольжения.

Для выявления взаимосвязи режимов обработки с температурой в зоне резания и получаемой шероховатостью поверхности были проведены экспериментальные исследования при фрезеровании оловянного и свинцового баббитов марок Б83 и Б16. При проведении эксперимента использовалось следующее оборудование и контрольно-измерительный инструмент: широкоуниверсальный фрезерный станок 675, профилометр TIME TR100, пирометр инфракрасный «ADA TemPro 550».

В качестве исследуемых режимов резания были выбраны предположительно оказывающие

наибольшее влияние: скорость резания, подача режущего инструмента, глубина резания [3]. Выбор данных факторов обоснован следующими соображениями: скорость резания обуславливает условия теплообмена в зоне резания, подача режущего инструмента и глубина резания формируют сечение среза, а, следовательно, мощность и температуру резания.

Приняты следующие интервалы варьирования режимов резания: скорость резания 63...126 м/мин, подача режущего инструмента 0,935...3,71 мм/об, глубина резания 0,5...3 мм. При изменении одного из параметров два других остаются постоянными: скорость резания 78 м/мин, подача режущего инструмента 1,25 мм/об, глубина резания 2 мм. Результаты проведенных серий экспериментов по измерению температуры резания представлены в табл. 1...3.

Таблица 1

Зависимость температуры в зоне резания от скорости резания

№	1	2	3	4	5	6
V, м/мин	63	78	94,2	100	117,75	126
T1, °C (Б-83)	174	189	203	207	221	226
T2, °C (Б-16)	37	40	43	44	46	47

Таблица 2

Зависимость температуры в зоне резания от подачи

№	1	2	3	4	5	6
s, мм/об	0,935	1,17	1,87	2,33	2,92	3,71
T1, °C (Б-83)	178	188	212	224	237	252
T2, °C (Б-16)	28	29	33	35	37	39

Таблица 3
Зависимость температуры в зоне резания от глубины резания

№	1	2	3	4	5	6
t, мм	0,5	1	1,5	2	2,5	3
T1, °C (Б-83)	163	176	187	197	205	211
T2, °C (Б-16)	28	30	31	32	33	34

Полученные результаты показывают, что значения температуры в зоне резания для этих марок баббитов имеют существенные отличия [4]. Фрезерование баббита Б16 протекает при достаточно низких температурах, лежащих в интервале 28...47°C, поэтому процессы наростообразования практически не наблюдаются. Фрезерование баббита Б83 протекает при достаточно высоких температурах, лежащих в интервале 174...256°C. При определенных сочетаниях режимов резания температура превышает критическое значение, в частности: при подаче режущего инструмента свыше 2 мм/об. Процессы наростообразования протекают весьма интенсивно [5]. На рис. 1 представлены фрагменты

фрезерования баббитов Б16 и Б83. На рис. 2...4 представлены графические зависимости влияния исследуемых параметров режимов резания на температуру в зоне резания, интерполированные с использованием канонического полинома.

Анализируя графические зависимости рис. 2...4 можно сделать вывод, что увеличение скорости резания, подачи инструмента и глубины резания увеличивает температуру в зоне резания, что соответствует традиционным представлениям. Наибольшее влияние оказывают скорость резания и подача. Все зависимости близки к линейным.

Для возможности анализа корреляционных связей между температурой резания и шероховатостью поверхности при исследовании шероховатости обработанной поверхности приняты интервалы варьирования режимов резания, аналогичные измерению температуры. Результаты проведенных серий экспериментов по измерению шероховатости обрабатываемой поверхности представлены в табл. 4...6.

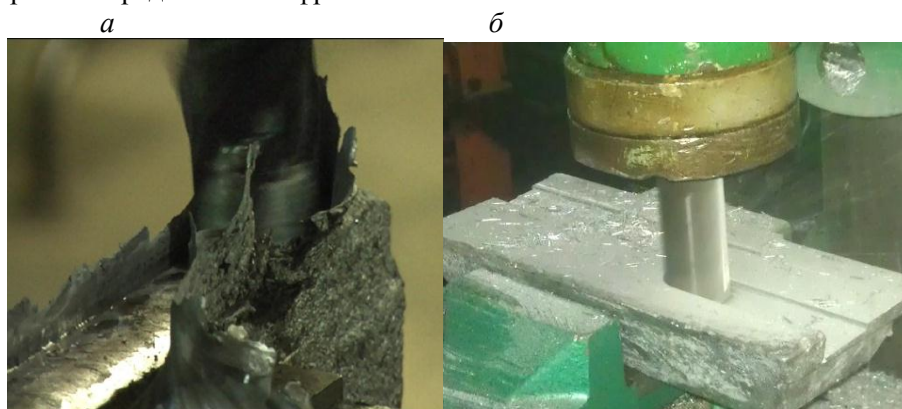


Рис. 1. Процесс фрезерования баббитов: а – Б-83, б – Б-16

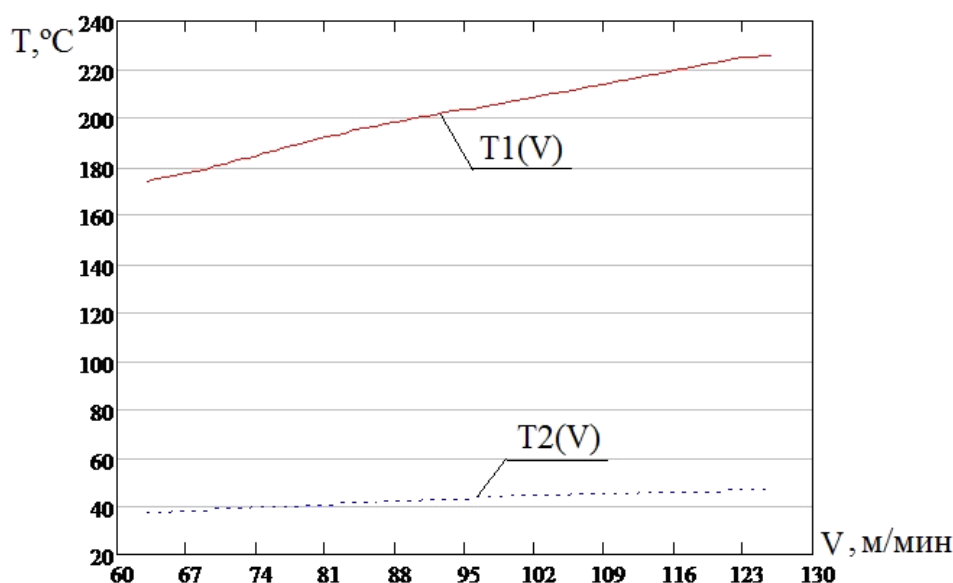


Рис. 2. Зависимость температуры в зоне резания от скорости резания при $s = 1,25$ мм/об, $t = 2$ мм

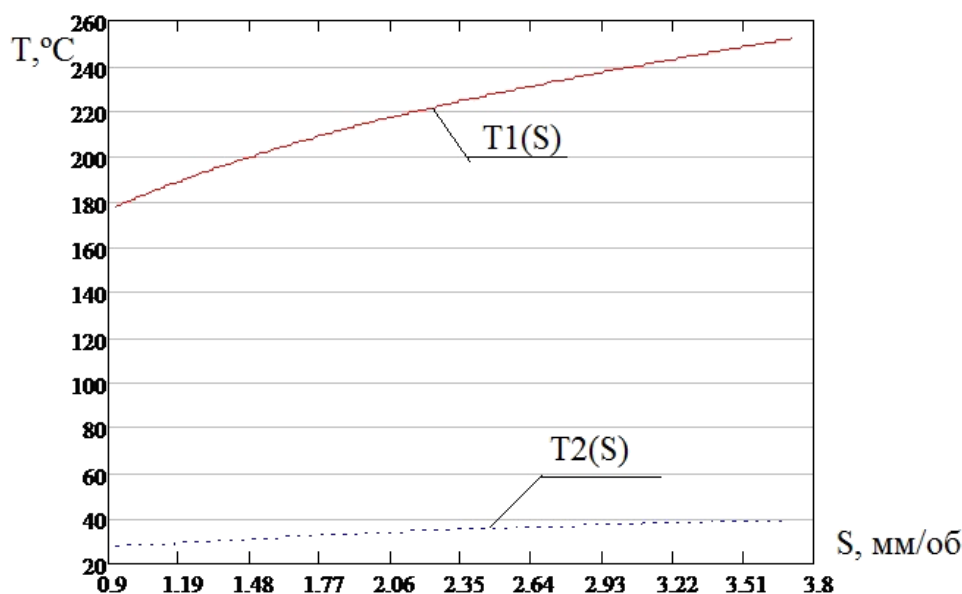
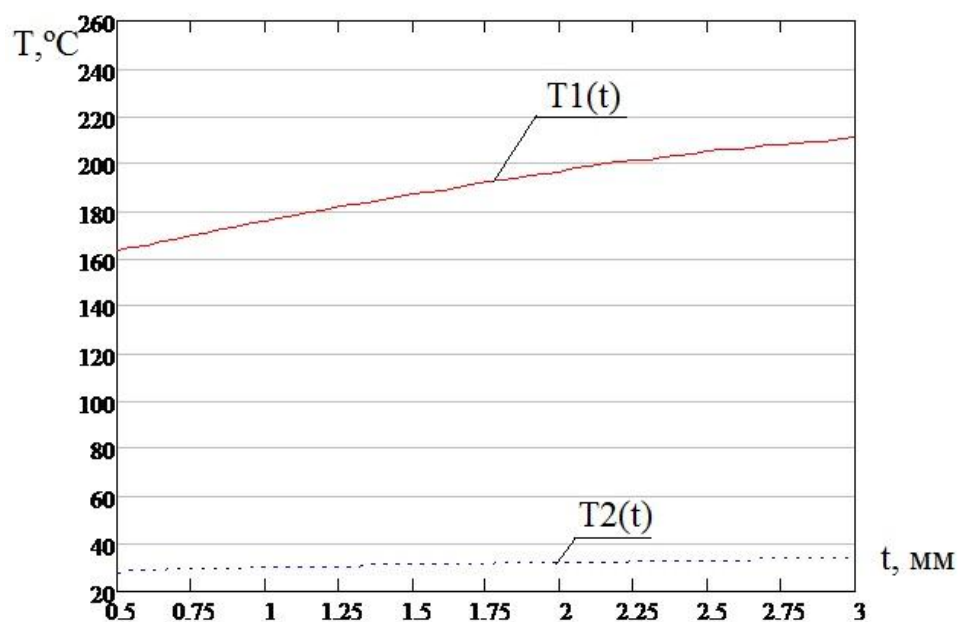
Рис. 3. Зависимость температуры резания от подачи при $v = 78$ м/мин, $t = 2$ ммРис. 4. Зависимость температуры резания от глубины резания при $v = 78$ м/мин, $s = 1,25$ мм/об

Таблица 4

Зависимость шероховатости поверхности от скорости резания

№	1	2	3	4	5	6
$Ra1$, мкм (Б-83)	4,2	5,1	7,1	8,1	12,3	20
$Ra2$, мкм (Б-16)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
v , м/мин	63	78	94,2	100	117,75	126

Таблица 5

Зависимость шероховатости поверхности от подачи инструмента

№	1	2	3	4	5	6
$Ra1$, мкм (Б-83)	4,1	4,9	6,8	7,9	9,3	11,1
$Ra2$, мкм (Б-16)	3,3	3,7	4,6	5,1	5,7	6,3
s , мм/об	0,935	1,17	1,87	2,33	2,92	3,71

Таблица 6

Зависимость шероховатости поверхности от глубины резания

№	1	2	3	4	5	6
$Ra1$, мкм (Б-83)	5,2	6	6,4	7	7,4	7,7
$Ra2$, мкм (Б-16)	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3	6,3
t , мм	0,5	1	1,5	2	2,5	3

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что при фрезеровании баббита Б16 шероховатость обрабатываемой поверхности не превышает требуемое значение $Ra = 6,3$ во всем диапазоне изменения исследуемых режимов резания. При фрезеровании баббита Б83, напротив, для ряда значений в изменяемом диапазоне режимов резания величина шероховатости поверхности существенно превышает допустимое значение.

Полученные результаты шероховатости обрабатываемой поверхности хорошо коррелируются с результатами измерения температуры резания. При фрезеровании бабби-

та Б16 температура резания не превышает 50°C , следовательно тепловой режим процесса резания способствует благоприятным условиям стружкообразования и формирования шероховатости поверхности. При фрезеровании баббита Б83 тепловой режим весьма напряженный, близкий к критическим значениям, а для ряда режимов, превышающий температуру размягчения, что создает условия для интенсивного процесса наростообразования и негативно сказывается на формировании шероховатости обрабатываемой поверхности.

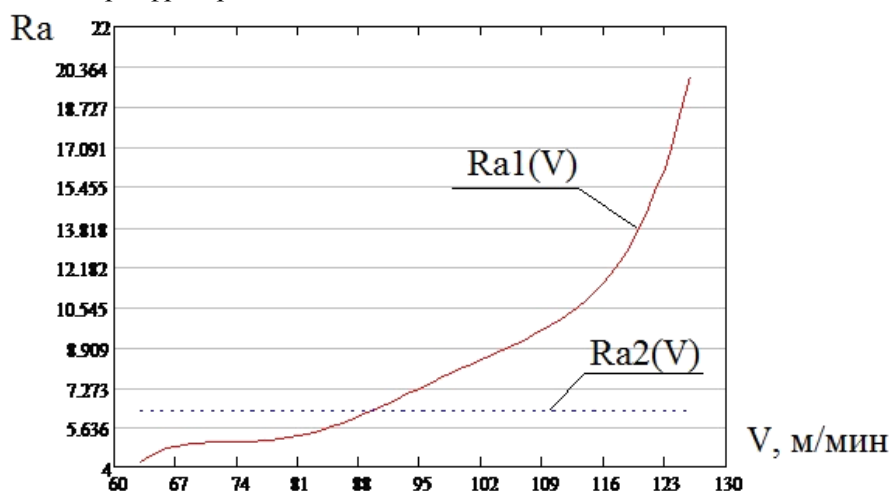


Рис. 5. Зависимость шероховатости поверхности от скорости при $s = 1,25$ мм/об, $t = 2$ мм

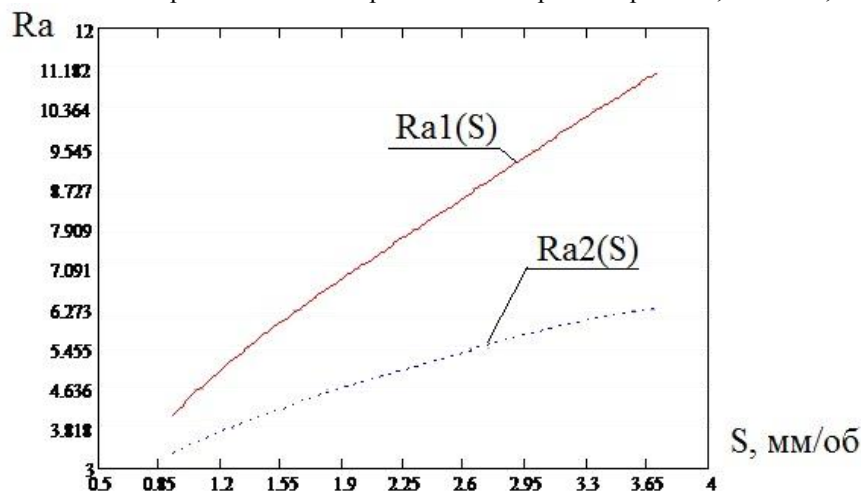


Рис. 6. Зависимость шероховатости поверхности от подачи при $v = 78$ м/мин, $t = 2$ мм

Анализируя графическую зависимость влияния скорости резания на шероховатость поверхности при фрезеровании баббита Б83 можно выделить 3 характерных участка кривой [6]: в интервале скоростей – до 80 м/мин, в интервале скоростей – 80...117 м/мин и в интервале – свыше 117 м/мин. В первом интервале относительно небольших скоростей шероховатость поверхности, так же, как и для фрезерования баббита Б16 практически не зависит от изменения скорости и сохраняет значение, близкое к посто-

янному. При переходе во второй интервал скоростей свыше 80 м/мин увеличение скорости начинает существенно влиять на формирование шероховатости поверхности, увеличивая ее значение. При переходе в интервал скоростей свыше 117 м/мин шероховатость поверхности критически возрастает с увеличением скорости. Полученные результаты имеют хорошую корреляцию с полученными значениями температуры резания и объясняют наличие трех характерных участков кривой: в интервале низких скоростей

температура резания не превышает 190°C , являясь допустимой для благоприятного формирования шероховатости поверхности; во втором интервале скоростей температура приближается к 220°C , интенсифицируя процессы наростообразования и негативно сказываясь на формиро-

вании шероховатости; в третьем интервале температура резания превышает 220°C , приближаясь к критическому значению размягчения баббита, что приводит к критическому росту шероховатости.

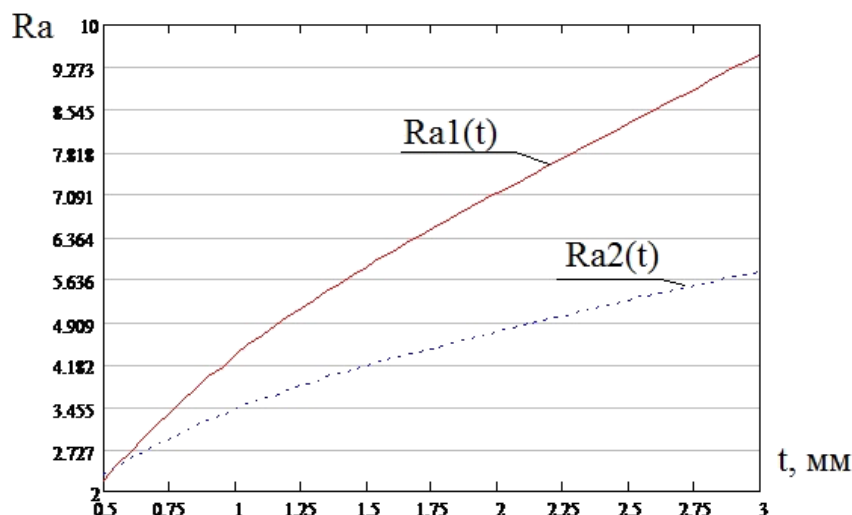


Рис. 7. Зависимость шероховатости от глубины резания при $v = 78$ м/мин, $s = 1,25$ мм/об

Увеличение значений подачи инструмента и глубины резания увеличивают значения шероховатости обрабатываемой поверхности для обоих марок баббита. Следовательно, влияние этих параметров в большей степени связано не с температурой резания [7], а с формированием сечения среза и упруго-пластическими деформациями материала. Зависимости изменения шероховатости поверхности от этих параметров близки к линейным.

Проведенные экспериментальные исследования позволили выявить характер влияния технологических параметров при фрезеровании баббитов на температуру в зоне резания и шероховатость обрабатываемой поверхности, что дает возможность обоснованно назначать технологические режимы для обеспечения благоприятных условий формообразования и требуемого качества поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков С.В., Рогачев А.А., Ярмоленко М.А. Цветные металлы и сплавы: учеб.-метод. Пособие. М-во образования Респ. Бела-

русь, Беларус. гос. ун-т трансп. Гомель: БелГУТ, 2009. 86 с.

2. Сахаров Д.В., Дуюн Т.А. Методика определения жесткости фрезы, установленной в цанговый патрон при обработке нержавеющей сталей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С.97-99.

3. Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Щетинин Н.А. Технологический процесс реконструкции бандажей типа «П» в тип «В» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С.73-77.

4. Дуюн Т.А. Моделирование тепловых деформаций с целью обеспечения точности механической обработки // Вестник Брянского государственного технического университета. 2009. №2. С. 17–23.

5. Кувшинский В.В. Фрезерование. М., «Машиностроение», 1977. 240 с.

6. Неумоина Н.Г., Белов А.В. Тепловые процессы в технологической системе резания: Учеб. пособие // ВолгГТУ, Волгоград, 2006. 84 с.

7. Резников А.Н. Теплообмен при резании и охлаждение инструментов. М., Машгиз, 1963. 199 с.

Уральский В.И., канд. техн. наук, проф.,
Дубинин Н.Н., канд. техн. наук, проф.
Рубанов В.Г., д-р техн. наук, проф.,
Стативко С.А., вед. инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УРАВНОВЕШИВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ПОМОЛЬНОГО АГРЕГАТА

WIURAL@mail.ru

В статье представлены научно-технические разработки по созданию эффективной системы уравновешивания рычажного механизма центробежного помольного агрегата с возможностью автоматической регулировки в ходе технологического процесса измельчения при изменении величины мелющей загрузки в рабочих камерах.

Ключевые слова: помольный агрегат, рычажный механизм, уравновешивание, противовес, дифференциальный механизм.

Одним из направлений повышения эффективности помольного оборудования является создание энергосберегающих центробежных измельчителей с различными траекториями движения рабочих камер для обеспечения избирательного динамического воздействия на измельчаемый материал на всех стадиях его помола, а также с расширенными технологическими возможностями в соответствии с требованиями технологического процесса.

В Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова коллективом авторов разработаны и созданы центробежные помольные агрегаты (ЦПА), основу конструкции которых составляет рычажный механизм (рис. 1) [1...3].

Технические характеристики опытно-экспериментального образца ЦПА с одним помольным блоком представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики центробежного помольного агрегата

Характеристики	Размерность	Обозначение	Значение
Диаметр камеры помола	м	$D_{\text{вн}}$	$150 \cdot 10^{-3}$
Длина камеры помола	м	$L_{\text{к}}$	$500 \cdot 10^{-3}$
Коэффициент загрузки камер		ϕ	0,25...0,35
Частота вращения эксцентрикового вала	мин^{-1}	n	350...420
Величина эксцентриситета	м	e	$(5...25) \cdot 10^{-3}$
Мощность привода	кВт	$P_{\text{здв}}$	2,2
Габаритные размеры: -длина -ширина -высота	м	L B H	$2340 \cdot 10^{-3}$ $816 \cdot 10^{-3}$ $1286 \cdot 10^{-3}$



Рис. 1. Общий вид центробежного помольного агрегата

Центробежный помольный агрегат (рис. 2) состоит из станины 23; трех помольных камер 3, 9, 15, жестко закрепленных на подвижной раме 24; разгрузочных 5, 11, 17 и загрузочных 1, 7, 13 патрубков с ограничительными решетками 2, 4, 8, 10, 14, 16 и противовесов 19 для балансировки рычажного механизма. Подача материала осуществляется через загрузочный бункер, снабженный горизонтальной заслонкой и работающий как вибробункер. С загрузочным патрубком верхней помольной камеры бункер связан гибким соединительным патрубком.

Помольный агрегат снабжен противовесами, расположенными на концах эксцентрикового вала, который является входным звеном кривошипно-ползунного механизма. Противовесы имеют возможность ручного перемещения и установки в требуемое положение, которое определяется в зависимости от массы подвижных частей агрегата, включая мелющую загрузку в рабочих камерах. Такой принцип уравновешивания позволяет обеспечить статическую балансировку рычажного механизма, которая

малозффективна, так как при работе агрегата подвижные части движутся с достаточно большими скоростями, изменяющимися по величине и направлению. Возникают значительные ускорения и инерционные нагрузки, следствием которых является вибрация конструкции, что негативно сказывается на прочностных характеристиках агрегата (возникновение усталостных явлений, дополнительных напряжений и т.п.).

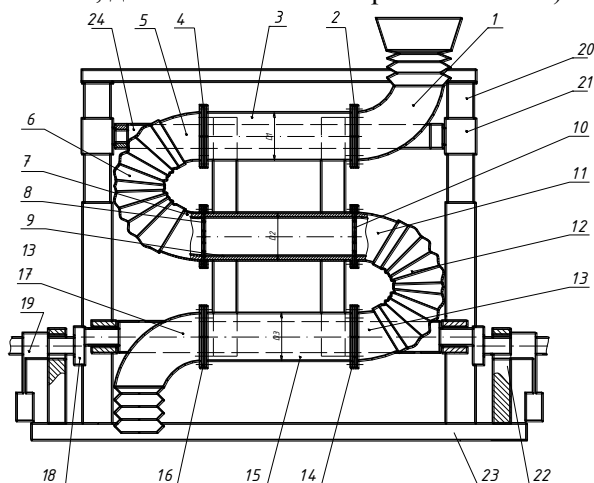


Рис. 2. Схема центробежного помольного агрегата

Кроме этого, в процессе измельчения материалов с различными физико-механическими свойствами может появляться необходимость изменения параметров режимов работы агрегата, например, изменение коэффициентов загрузки рабочих камер. Следовательно, меняется величина массы и положение центра масс помольного блока. Все это приводит к появлению дополнительной вибрации, что влечет за собой снижение ресурса работы узлов и деталей помольного агрегата и отрицательно сказывается на его работе в промышленных условиях в целом. Проведенные ранее исследования динамики механической системы агрегата [4, 5, 6] позволяют количественно оценить динамические характеристики конструкции.

Для оценки влияния на энергосиловые характеристики ЦПА движения мелющей загрузки внутри помольных камер рассмотрена работа агрегата без учета и с учетом воздействия мелющей загрузки на звенья рычажного механизма. Расчетная схема рычажного механизма представлена на рис. 3.

Для решения поставленной задачи использован метод определения приведенных моментов, который заключается в равенстве мощностей, развиваемых приведенным моментом (приложенным к звену приведения – звену 1) и заменяемыми силами и моментами, приложенными к звеньям механизма, т.е.

$$P_{\Pi}(\varphi) = \sum_1^n P_i. \quad (1)$$

Применим данный метод к рычажному механизму ЦПА для режима установившегося движения (угловая скорость вращения звена 1 $\omega = \text{const}$).

Представим мощность, необходимую для преодоления сил сопротивлений, выражением

$$P_{\Pi}(\varphi) = M_C(\varphi)\omega, \quad (2)$$

где M_C – приведенный момент сил сопротивлений, Н·м; ω – угловая скорость звена приведения (эксцентрикового вала), рад/с.

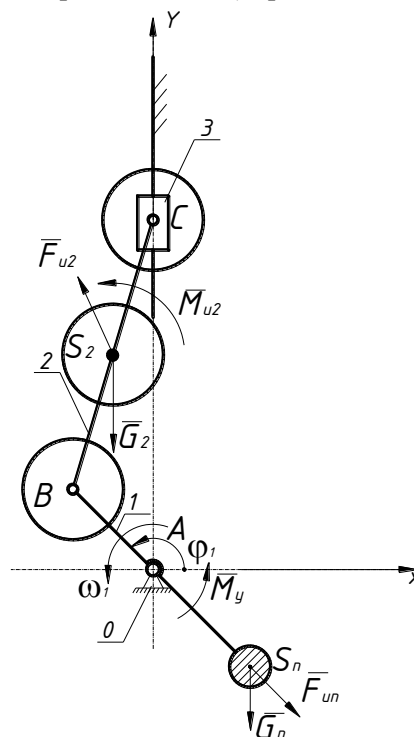


Рис. 3. Расчетная схема рычажного механизма без учета действия мелющей загрузки

Величину приведенного момента M_C можно представить в следующем виде

$$M_C(\varphi) = \frac{\sum_1^n P_i}{\omega}, \quad (3)$$

где $\sum_1^n P_i$ будет определяться выражением

$$\sum_1^n P_i = \sum_1^n F_i v_i \cos \alpha_i + \sum_1^n M_i \omega_i, \quad (4)$$

где F_i – сила, приложенная к звену i , Н; M_i – момент, приложенный к звену i , Н·м; v_i – скорость точки приложения силы F_i , м/с; ω_i – угловая скорость звена i , рад/с; α_i – угол между векторами силы \vec{F}_i и скорости \vec{v}_i , град.

В результате получено выражение для определения приведенного момента M_C сил сопротивлений для различных положений механизма в зависимости от угла поворота φ эксцентрикового вала. Начало отсчета угла от положительного

$$M_{Ci} = (G_1 \cdot V_{S1i} \cdot \cos \alpha_{1i} + G_2 \cdot V_{S2i} \cdot \cos \alpha_{2i} + F_{H2i} \cdot V_{S2i} \cdot \cos \alpha_{3i} + M_{H2i} \cdot \omega_{2i} + 2 \cdot G_n \cdot V_{Sn} \cdot \cos \alpha_{4i} + 2 \cdot F_{In} \cdot V_{Sn} \cdot \cos \alpha_5) / \omega, \quad (5)$$

где M_{Ci} – приведенный момент сил сопротивлений для i -го положения механизма, Нм; G_1 – сила тяжести эксцентрикового вала, Н; G_2 – сила тяжести подвижной рамы с закрепленными на ней помольными камерами (помольного блока), Н; F_{H2i} – сила инерции помольного блока для i -го положения механизма, Н; M_{H2i} – момент сил инерции помольного блока для i -го положения механизма, Нм; G_n – сила тяжести противовеса, Н; F_n – сила инерции противовеса, Н; V_{S1i} – скорость центра масс эксцентрикового вала, м/с; V_{S2i} – скорость центра масс помольного блока для i -го положения механизма, м/с; V_{Sn} – скорость центра масс противовеса, м/с; ω – угловая скорость эксцентрикового вала, рад/с; α_{2i} – угол между векторами \vec{G}_2 и \vec{V}_{S2i} ,

$$M_{Ci} = (G_1 \cdot V_{S1i} \cdot \cos \alpha_{1i} + G_2 \cdot V_{S2i} \cdot \cos \alpha_{2i} + F_{H2i} \cdot V_{S2i} \cdot \cos \alpha_{3i} + M_{H2i} \cdot \omega_{2i} + 2 \cdot G_n \cdot V_{Sn} \cdot \cos \alpha_{4i} + 2 \cdot F_{In} \cdot V_{Sn} \cdot \cos \alpha_5 + G_{M1} \cdot V_{SM1} \cdot \cos \alpha_{6i} + F_{IM1} \cdot V_{SM1} \cdot \cos \alpha_{7i} + G_{M2} \cdot V_{SM2} \cdot \cos \alpha_{8i} + F_{IM2} \cdot V_{SM2} \cdot \cos \alpha_{9i} + G_{M3} \cdot V_{SM3i} \cdot \cos \alpha_{10i} + F_{\Sigma H3i} \cdot V_{SM3i} \cdot \cos \alpha_{11i}) / \omega_1, \quad (6)$$

где G_{M1} – сила тяжести мелющей загрузки нижней камеры, Н; F_{IM1} – сила инерции мелющей загрузки нижней камеры, Н; G_{M2} – сила тяжести мелющей загрузки средней камеры, Н; F_{IM2} – сила инерции мелющей загрузки средней камеры, Н; G_{M3} – сила тяжести мелющей загрузки верхней камеры, Н; F_{IM3} – сила инерции мелющей загрузки верхней камеры, Н; α_{6i} – угол между векторами \vec{G}_{M1} и \vec{V}_{SM1} , град; α_{7i} – угол между векторами \vec{F}_{IM1} и \vec{V}_{SM1} , град; α_{8i} – угол между векторами \vec{G}_{M2} и \vec{V}_{SM2} , град; α_{9i} – угол между векторами \vec{F}_{IM2} и \vec{V}_{SM2} , град; α_{10i} – угол между векторами \vec{G}_{M3} и \vec{V}_{SM3} , град; α_{11i} – угол между векторами $\vec{F}_{\Sigma H3}$ и \vec{V}_{SM3} град.

Максимально возможное значение момента составляет $M_C = 28,90$ Нм. Увеличение приведенного момента сил сопротивления на 47,8% свидетельствует о значительном влиянии мелющей загрузки на динамические свойства механической системы.

направления оси X (рис. 3). Массу ползунов (звена 3) не учитываем, т.к. она мала по сравнению с массами эксцентрикового вала и подвижной рамы с закрепленными на ней помольными камерами (звена 2).

град; α_{3i} – угол между векторами \vec{F}_{H2i} и \vec{V}_{S2i} , град; α_{4i} – угол между векторами \vec{G}_n и \vec{V}_{Sn} , град; α_5 – угол между векторами \vec{F}_{In} и \vec{V}_{Sn} , град.

Для опытно-экспериментального образца ЦПА с величиной эксцентриситета $e = 0,02$ м определено максимально возможное значение момента $M_C = 19,55$ Нм.

По результатам исследования движения мелющих тел в камерах ЦПА составлена расчетная схема, представленная на рис. 4.

Для данного случая выражение (3) имеет вид:

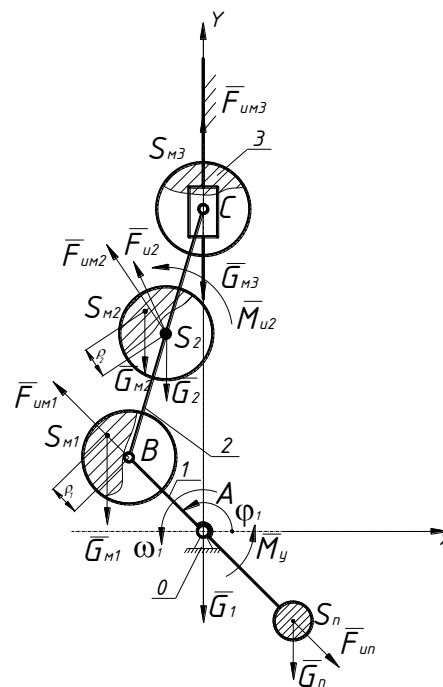


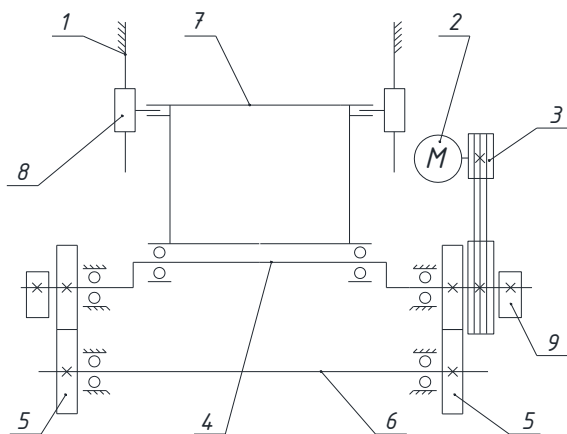
Рис. 4. Расчетная схема рычажного механизма с учетом действия мелющей загрузки

В результате становится очевидной необходимость создания для агрегатов подобного типа двух систем уравнивания. Одна система,

основная, уравнивает непосредственно рычажный механизм; вторая, дополнительная, уравнивает действие мелющей загрузки в помольном блоке. Причем, дополнительная система должна иметь возможность автоматического регулирования в зависимости от изменения величины массы и расположения центра масс помольного блока.

Исходя из поставленной задачи, разработано модульное уравнивающее устройство, обеспечивающее в процессе работы агрегата дополнительное уравнивание механизма и снижение уровня вибрации [7]. Схемы привода ЦПА без дополнительного устройства и с модульным уравнивающим устройством представлены на рис. 5.

Узлы агрегата смонтированы на станине 1. Вращение от электродвигателя 2 через клиноременную передачу 3 передается на эксцентриковый вал 4. Для предотвращения упругих деформаций эксцентрикового вала вследствие его значительной длины используются зубчатые передачи 5 и промежуточный вал 6. Рама 7 является шатуном в кривошипно-ползунном механизме, а



она шарнирно связана с эксцентриковым валом 4 и ползунами 8. На эксцентриковом валу 4 расположены противовесы 9, уравнивающие рычажный механизм. Модульное уравнивающее устройство, представляющее собой дифференциальный зубчатый механизм, содержит шестерни 10 для передачи крутящего момента от эксцентрикового вала 4 на дополнительный полый вал 13, который соединен с водилом 14 дифференциального механизма. Внутри вала 13 расположены полуоси 15, связанные с коническими зубчатыми колесами полуосей дифференциального механизма и электромагнитными муфтами 11. Противовес 12 через ходовой винт и передачу «винт-гайка» связан с сателлитом дифференциального механизма и осуществляет поступательное перемещение по направляющим, закрепленным на водиле, в одну или другую сторону при изменении частоты вращения одной из полуосей. Электромагнитные муфты управляются системой управления, в состав которой входят программируемый контроллер, датчик положения противовеса и блок питания.

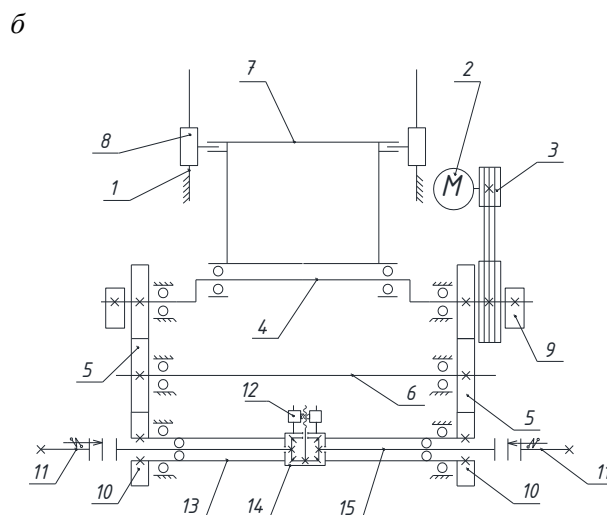


Рис. 5. Схема привода ЦПА:

а – без модульного уравнивающего устройства; б – с модульным уравнивающим устройством

Работает модульное уравнивающее устройство следующим образом. При установленном допустимом уровне вибрации стойки агрегата (заданной точки) муфты отключены и сателлиты неподвижны по отношению к зубчатым колесам полуосей 15. Полуоси 15 и промежуточный вал 13 вращаются с одной угловой скоростью. При изменении уровня вибрации система управления включает одну из муфт, угловая скорость полуоси уменьшается, в результате чего получает относительное вращение сателлит дифференциального механизма и связанный с ним ходовой винт. Противовес 12 перемещается вдоль оси ходового винта до тех пор, пока уровень вибрации не достигнет установ-

ленной величины. Следует отметить, что масса противовеса 12 (2 кг) существенно меньше массы основных противовесов 9, т.к. рассчитывается, исходя из величины номинальной массы мелющей загрузки в рабочих камерах.

Таким образом, разработанная система автоматического снижения вибрации, содержащая модульное уравнивающее устройство, может поддерживать заданную амплитуду вибрации или периодически ее изменять в зависимости от условий технологического процесса без остановки агрегата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ №2005118705/03, 24.06.2005. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В. Помольно-смесительный агрегат // Патент России №2277973. 2006. Бюл. №17
2. Патент РФ №2008109444/03, 11.03.2008. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В. Помольно-смесительный агрегат // Патент России №2381837. 2010. Бюл. №5.
3. Уральский А.В., Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106–112.
4. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Энергосберегающие помольные комплексы для получения механоактивированных композиционных смесей // Известия вузов. Строительство. 2009. №5. С. 68–79.
5. Сеница Е.В., Уральский А.В., Плетнев А.В. Влияние движения мелющей загрузки на динамику центробежного помольно-смесительного агрегата // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. С.188-192.
6. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Вопросы динамического исследования центробежного помольно-смесительного агрегата // Вибрационные машины и технологии: Сборник науч. тр. / редкол: С.Ф. Яцун (отв. ред.) [и др.]; Курский гос. техн. унив-т. – Курск, 2008. – С. 596-601.
7. Патент РФ №2012117656/13, 27.04.2012. Глаголев С.Н., Рубанов В.Г., Севостьянов В.С., Уральский В.И., Стативко А.А., Стативко С.А., Бушуев Д.А. Помольно-смесительный агрегат с автоматической балансировкой // Патент России № 2494813. 2012. Бюл. №28.

Перельгин Д.Н., ст. препод.,
Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Бойчук И.П., канд. техн. наук, доц.,
Кузнецова И.А., канд. экон. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНОГО КОНТАКТА АБРАЗИВНЫХ ЧАСТИЦ С ФУТЕРОВКОЙ ВИХРЕ-АКУСТИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАТОРА

mehanikus@mail.ru

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования процесса газообразивного изнашивания футеровки вихре-акустического диспергатора позволили установить условия и закономерности их возникновения, а также разработать предложения по его снижению.

Ключевые слова: высокодисперсные материалы, вихре-акустический диспергатор, газообразивный износ, контактная задача, футеровка

На современном этапе развития наукоемких технологий особую актуальность имеют: получение высокодисперсных композиционных смесей с управляемыми физико-химическими свойствами; производство широкой гаммы сухих строительных смесей различного назначения; активное развитие современных технологий глубокого обогащения металлосодержащих горных пород и др.

При выборе помольного агрегата чаще всего руководствуются технологическими, энергетическими и экономическими показателями, удовлетворяющими требованиям заказчика.

В настоящее время наиболее перспективным способом сверхтонкого измельчения является способ высокоскоростного измельчения материалов в струйных мельницах, используемых в качестве энергоносителя пар или газ. Использование высоких скоростей, до нескольких сотен метров в секунду, в так называемых кольцевых струйных мельницах, позволяет повысить не только дисперсность получаемого продукта, но и удельную производительность измельчителя, его КПД. Кроме того, появляется возможность реально использовать преимущества высокоскоростного избирательного измельчения поликомпонентных смесей для получения продуктов с заданными свойствами.

При всех преимуществах вихревых мельниц, широко используемых для тонкого измельчения материалов, они имеют и ряд недостатков: сравнительно высокий удельный расход энергии, относительно невысокую удельную производительность и увеличение загрязнения посторонними включениями при уменьшении размера частиц (менее 10 мкм) [1–4].

Остановимся более подробно на последнем недостатке. Теоретического решения задачи расчета величины газообразивного износа, несмотря на большое число исследований в этой области, пока ещё не получено, т.к. процесс газообразивного изнашивания зависит от большо-

го числа воздействующих факторов. Определение числовых значений показателей надёжности оборудования в промышленных условиях связано с большой продолжительностью испытаний.

Величина износа рабочей поверхности определяется количеством и размерами частиц, удалённых с этой поверхности, и является случайной величиной. Величина износа за промежуток времени $(0, t)$ определялась как интегральная функция скорости изнашивания: [5]

$$\eta(t) = \int_0^t \xi(t) dt,$$

где $\xi(t)$ – скорость изнашивания, как случайный процесс, такой, что $\xi(t) > 0$, т.е. процесс изнашивания является необратимым и монотонным.

Скорость частиц, являющаяся одной из составных частей технологических сред в струйных мельницах, оказывает наибольшее влияние на скорость газообразивного изнашивания элементов агрегатов. Поэтому изучение влияния этого фактора на величину показателей надёжности конструкционных материалов представляло наибольший интерес.

Допустим, что два твердых тела (частица и поверхность камеры) соприкасаются друг с другом по линии [6–10]. Область соприкосновения представляет собой в этом случае узкую полоску шириной 2α (рис. 1).

Распределение давления между сдавленными телами в точках их соприкосновения будет вычисляться как

$$P_z(x) = \text{const} \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{\alpha^2}}, \quad (1)$$

где x – координата вдоль ширины полосы соприкосновения, α – полоса контакта. Константа определится из условия, что интеграл по области соприкосновения $\int P_z(x) dx$ равен силе P , с которой сдавливаются тела. Тогда:

$$P_z(x) = \frac{2P}{\pi\alpha} \sqrt{1 - \frac{x^2}{\alpha^2}}. \quad (2)$$

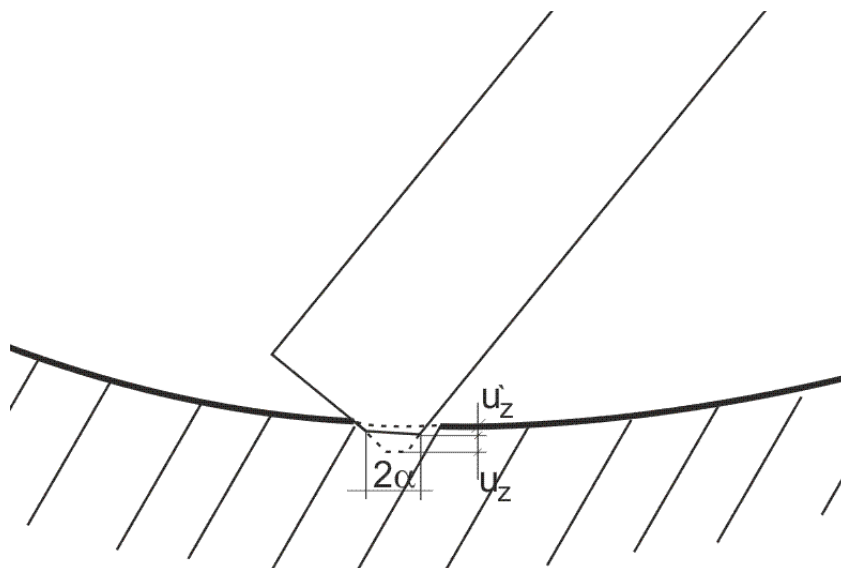


Рис. 1. Схема взаимодействия частицы с плоскостью

При касании тел, представляющих собой поверхности второго порядка, область контакта и деформация тел определяется формулами:

$$A = \frac{P}{\pi K} \int_0^\infty \frac{d\xi}{(\alpha^2 + \xi) \sqrt{(\alpha^2 + \xi)(\beta^2 + \xi)} \xi}, \quad (3)$$

$$h = \frac{P}{\pi K} \int_0^\infty \frac{d\xi}{\sqrt{(\alpha^2 + \xi)(\beta^2 + \xi)} \xi}, \quad (4)$$

где K – эффективный модуль Юнга:

$$\frac{1}{K} = \frac{3}{4} \left(\frac{1 - \sigma^2}{E} + \frac{1 - \sigma'^2}{E'} \right), \quad (5)$$

E, E' – модули Юнга, σ, σ' – коэффициенты Пуассона.

Уравнение (3) определяет полуось области соприкосновения α при заданной силе (A – известная для данных тел величина). После этого с помощью соотношения (4) определяется зависимость между силой P и вызываемым ею сближением тел h .

Подставив (2) в (3) и произведя интегрирование, получим

$$A = \frac{8P}{3\pi\alpha^2 K}. \quad (6)$$

Так как радиус кривизны камеры равен радиусу камеры R , а радиус кривизны линии равен бесконечности, то

$$A = \frac{1}{2R}. \quad (7)$$

Тогда полоса контакта

$$\alpha = \sqrt{\frac{16PR}{3\pi K}}. \quad (8)$$

Сближение h выражается через силу P соотношением

$$h = P^{2/3} \left(\frac{1}{K^2 R} \right)^{1/3}. \quad (9)$$

Смещения u_z, u'_z под влиянием нормальных сил $P_z(x)$ определяются выражениями

$$u_z = \frac{1 - \sigma^2}{\pi E} \int \frac{P_z(x')}{r} dx', \quad (10)$$

$$u'_z = \frac{1 - \sigma'^2}{\pi E'} \int \frac{P_z(x')}{r} dx', \quad (11)$$

где $r = \sqrt{x^2 + z^2}$.

В том случае, когда сила P является сосредоточенной

$$u_z = \frac{1 - \sigma^2}{\pi E} \frac{P_z}{r}. \quad (12)$$

В выражениях (10), (11) интегралы являются эллиптическими. Аналитическое решение представляется в виде суммы неполных эллиптических интегралов первого и второго рода.

Напряжения σ_{ik} , возникающие в материале, определяются тензором скоростей деформации u_{ik} :

$$\sigma_{ik} = K_1 u_{ll} \delta_{ik} + 2\mu \left(u_{ik} - \frac{1}{3} \delta_{ik} u_{ll} \right), \quad (13)$$

где K_1 – модуль всестороннего сжатия, μ – модуль сдвига. В рассматриваемом случае

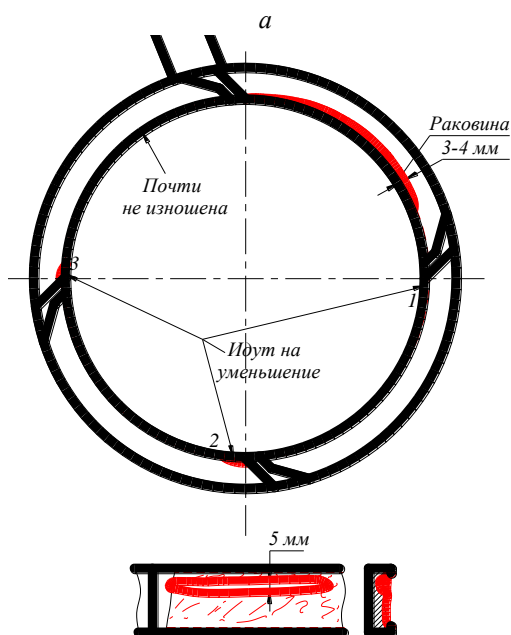
$$u_{ik} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial u_z}{\partial z} \end{pmatrix}, \quad (14)$$

из чего следует, что не нулевым будет только нормальное напряжение σ_{33}

$$\sigma_{33} = \left(K_1 + \frac{4\mu}{3} \right) u_{33}. \quad (15)$$

Формулы (10), (11), (15) дают возможность вычислять деформацию камеры и нормальное контактное напряжение, возникающее на поверхности футеровки вихре-акустического диспергатора. Численные расчеты показали, что при силе $P = 3$ кН $\alpha = 1,45 \cdot 10^{-4}$ м, $h = 3,19 \cdot 10^{-5}$, деформация частицы составляет $2,75 \cdot 10^{-5}$ м, а деформация камеры – $4,42 \cdot 10^{-6}$ м.

Во время опытно-промышленной апробации вихре-акустического диспергатора на ООО «ОксиБел» проводились исследования по выявлению следов абразивного износа футеровки камеры помола вихре-акустического диспергатора. Визуальная проверка на наличие износа проводилась ежедневно (после измельчения 100 кг материала). Внутренняя поверхность помольной камеры была зашлифована, (блестящей), следов образования газообразного изнашивания металла нет.



б

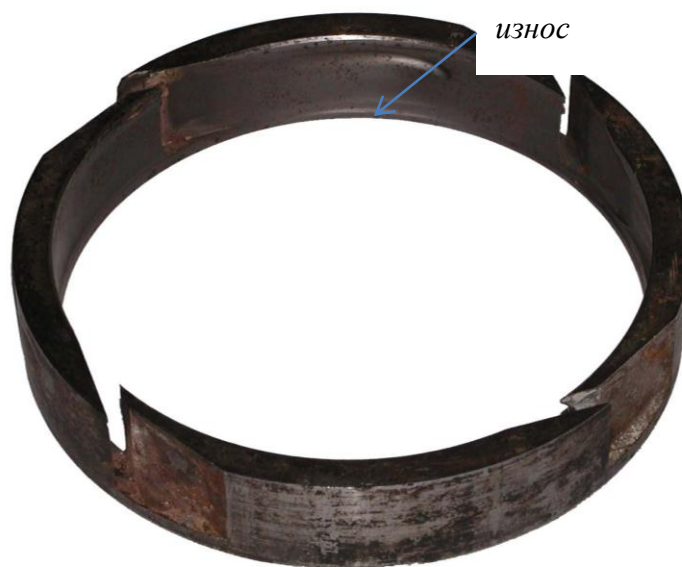


Рис. 2. Футеровка камеры измельчения вихре-акустического диспергатора:
а – схема газобразного изнашивания футеровки; б – фотография футеровки

Одним из критериев экономической эффективности использования вихре-акустического диспергатора является стоимость ремонта и обслуживания. С этой целью нами были проведены исследования по определению удельного износа камеры помола.

Средний удельный износ рабочих элементов можно представить следующей функциональной зависимостью:

$$I_{\text{ср}} = f(v, Q, \sigma_n, \sigma_p, d_{\text{ср}})$$

На рис. 2 представлена футеровка камеры измельчения вихре-акустического диспергатора со следами газообразного износа.

После проведения всей серии экспериментов (около 800 кг) обозначился износ элементов футеровки. Наибольшему износу подверглась внутренняя поверхность кольца, идущая сразу за подающим энергоносителем соплом. На этом участке наряду с общим износом по ширине помольной камеры глубиной около 0,5 мм, имеет место узкий локальный износ в верхней части помольной камеры шириной и глубиной около 3 – 4 мм в виде раковины, образованной абразивным износом двухкомпонентной смесью, направленной из подающего сопла. По мере удаления от подающего сопла износ по ширине камеры уменьшается и перед выходным отверстием поверхность почти не изношена. Также имеет место явно выраженный износ поверхности резонаторов, лежащих на пути прохождения материала и воздуха (крайние выходные поверхности) износ, которых также уменьшается по мере удаления от подающего отверстия.

Время работы рабочего элемента до его замены можно определить из уравнения:

$$t = \frac{\eta_3 * G_3}{Q_{\Sigma R004} * I_{\text{ср}}},$$

где η_3 – коэффициент запаса на износ в случае полной выработки, $\eta_3 = 0,38$; G_3 – масса футеровки камеры помола, кг.

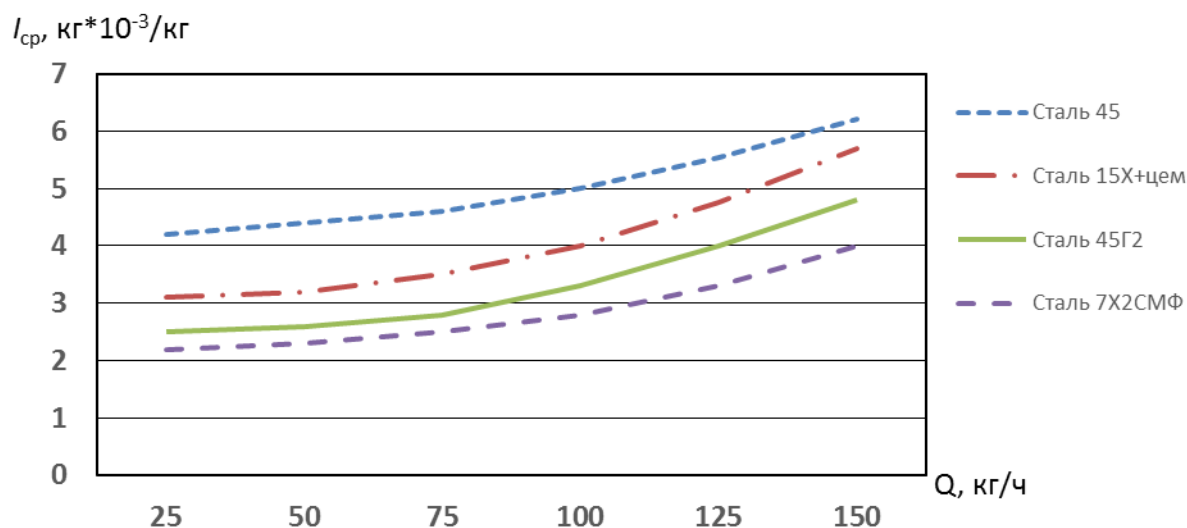


Рис. 3. Графическая зависимость удельного износа поверхности рабочих элементов $I_{ср}$ от приведенной производительности Q вихре-акустического диспергатора

Таким образом, на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований нами установлен процесс газообразного износа камеры измельчения вихре-акустического диспергатора и предложена зависимость удельного износа поверхности футеровки от приведенной производительности диспергатора. Выполненные исследования позволяют повысить эффективность процесса измельчения материалов в вихре-акустических диспергаторах и их эксплуатационную надежность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В.С., Перельгин Д.Н., Уральский В.И., Горлов А.С., Глаголев Е.С., Бабаевский А.Н. Разработка и исследования энергосберегающего помольного оборудования для высокодисперсного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С. 76-80.
2. Патент РФ № 2226432. Вихреакустический диспергатор / Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Перельгин Д.Н., Горлов А.С., Нечаев С.П. 10.04. 2004, Бюл. №10.
3. Патент РФ № 2250138. Вихре-акустический диспергатор / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Горлов А.С., Перельгин Д.Н., Федоренко Б.З.; 20.04.2005, Бюл. № 11.
4. Патент РФ № 2317147 Вихре-акустический диспергатор-смеситель (варианты) / Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Нечаев С.П., Лесовик В.С., Горлов А.С., Перельгин Д.Н. 28.02.2008 Бюл. №5.
5. Маннапов Р.Г. Исследование агрегатов химических производств, работающих в условиях газообразного изнашивания, и разработка мероприятий по повышению их надежности // Автореферат дисс. на соиск.уч.степени к.т.н. МИХМ, 1977.
6. Клейс И. Р., УумысХ. Г. Износостойкость элементов измельчителей ударного действия. М.: Машиностроение, 1986. 168 с.
7. Абрамов Ю. И. Соударение твердых частиц пыли с преградой из упруго пластического материала // Трение и износ. 1987. Т. 8 № 1. С. 83-94.
8. Виноградов В. Н., Сорокин Г. М., Албагачиев А. Ю. Изнашивание при ударе. М.: Машиностроение, 1982. 192 с.
9. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / Под ред. Р.В. Гольдштейна: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 510 с.
10. Михин И. М. Внешнее трение твердых тел. М.: Наука, 1974. 122с.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Северин Н.Н., д-р пед. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Сапоненко И.Г., слушатель ФРК (заочного обучения)
Академия ГПС МЧС России

НОВЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*

Ivanzhernokleev1@rambler.ru

В статье обоснована возможность использования тонких клиентов и терминальных технологий надзорными органами МЧС РФ, что позволяет совершенствовать профилактическую и контрольно-надзорную работу, повышает результативность надзорной деятельности.

Ключевые слова: информация, технологии, государственный пожарный надзор, тонкие клиенты, персональный компьютер, риск, надзорная деятельность

Введение. Одной из основных задач, решаемых в настоящее время надзорными органами Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий, является совершенствование профилактической и контрольно-надзорной работы, повышение результативности надзорной деятельности [1].

Одновременно отдельной крайне важной задачей является упрощение надзорных процедур, снятие излишних административных барьеров и снижение возможности коррупционных проявлений в работе надзорных органов.

Решение всего спектра задач невозможно без внедрения современных информационных технологий, то есть без информационного обеспечения органов надзора.

Современная профессиональная деятельность специалистов государственного пожарного надзора (ГПН) требует квалифицированного оперирования большими объемами разноплановой и сложной нормативной информации в условиях острого дефицита времени и высокой динамики информационных процессов. Традиционные технологии подготовки специалистов не дают необходимого эффекта, поскольку темпы производства и включения в информационный обмен профессионально значимой информации значительно опережают темпы ее освоения в процессе обучения [2]. Информационная деятельность специалистов с низким уровнем компетентности приводит к снижению качества информационной среды и повышению информационных рисков [3].

Использование современных инфокоммуникационных технологий в повседневной деятельности специалистами ГПН позволяет существенно повысить производительность труда.

Благодаря использованию компьютеровкратно возросли объемы обрабатываемой сотрудниками информации, она стала более структурированной и многофакторной. И сейчас это не просто актуально, это крайняя необходимость ввиду того, что общий уровень угроз для человеческой жизни постоянно растет, что связано с общим увеличением мощностей производства, ограниченностью ресурсов, изменением демографических, экологических и других условий [4].

Существующая нормативная база в области пожарной безопасности (ПБ) несовершенна и достаточно объемна, поэтому эффективная работа с ней возможна только с использованием современных инфокоммуникационных технологий, которые позволяют быстро представить нужную информацию в наиболее полном и удобном виде. Но простое использование компьютеров в деятельности ГПН не позволит обеспечить приемлемое качество работы, необходимо обучать сотрудников максимально эффективно использовать компьютер в своей деятельности.

Именно поэтому в 2007 году начата работа по созданию автоматизированной информационной системы ГПН.

В рамках Федеральной целевой программы ОКР «Разработка программно-аппаратного комплекса для информационно-методической поддержки деятельности органов государственного пожарного надзора» Новосибирским филиалом НИИ ВДПО разработано Специальное программное обеспечение «Автоматизированная информационная система сбора информации о противопожарном состоянии объектов надзора и исполнения административных процедур по осуществлению Государственного пожарного надзора на объектах надзора» (СПО ИАП) [5].

Методология. В процессе работы был использован системный подход, охватывающий методы анализа и обобщения, статистические методы анализа.

Основная часть. Несмотря на то, что программное обеспечение СПО ИАП на данный момент отлажено и корректно работает, но в связи с постоянно совершенствующимися компьютерными технологиями, изменяющимся законодательством, форм бланков, статистической и аналитической отчетности, требуется постоянное совершенствование офисных компьютерных сетей, программного обеспечения и поддержка в актуальности применения вышеуказанного программного обеспечения.

Применение новых методов использования информационного обеспечения системы управления надзорной деятельности позволит решить ряд проблем.

Одним из новых, предлагаемых нами, методов использования информационного обеспечения - это использование в локальной сети отдела надзорной деятельности (ОНД) терминальной сети ("тонкого клиента") вместо нескольких персональных компьютеров.

Тонким (терминальным) клиентом (англ. thin client) называют компьютер-клиент, не имеющий собственных жестких дисков и подвижных деталей, выполненный в корпусе специальной конструкции с полностью пассивным охлаждением и подключенный к общему для всех клиентов локальной сети серверу, который содержит все необходимые для работы офиса программы и приложения. Тонкий клиент работает под управлением специализированной локальной ОС, одной из задач которой является организация и поддержка сессии с сервером локальной сети, на котором сохраняются все данные и производятся все вычисления, а тонкий клиент способен лишь отображать информацию с сервера. Иначе говоря, он является бездисковым компактным персональным компьютером, к которому подключены обычные устройства ввода-вывода — клавиатура, мышь, монитор, колонки и т. д. Тонкие клиенты предназначены для отображения на экранах своих мониторов данных, получаемых ими от сервера, и для передачи данных, получаемых от собственных устройств ввода, на сервер. При этом пользователь тонкого клиента воспринимает его исключительно как свой обычный персональный компьютер (ПК), так как на экране монитора он видит собственный рабочий стол и документы [6].

Преимущества тонкого клиента:

1. **Отсутствие движущихся частей.** Чем больше движущихся частей, тем выше вероятность поломки. В тонких клиентах нет ни одной

движущейся части, поэтому нормальный срок эксплуатации для каждого устройства составляет до 8-10 лет.

2. **Простота обслуживания.** Тонкие клиенты требуют минимум внимания со стороны администратора. В них фактически ничего настраивать, да и поломать, даже физически, нечего. Все настройки производятся на сервере.

3. **Высокая эффективность администрирования.** Системный администратор, не вставая со своего рабочего места, может настроить все необходимые политики безопасности, четко и однозначно разграничить права различных групп пользователей. Тонкие клиенты позволяют централизованно решить задачи безопасности и разграничения прав доступа различных категорий пользователей. Благодаря этому значительно возрастает эффективность администрирования.

4. **100% сохранность информации в процессе работы.** Тонкий клиент лишь отображает информацию и обрабатывает действия пользователя. Вся информация находится на сервере. И если по какой-то причине сессия терминального клиента внезапно оборвется, информация останется на своем месте. При следующем подключении пользователь увидит документ, с которым он работал до аварии, при чем в том виде, в каком документ был на момент аварии. В этой связи — тонким клиентам не нужен источник бесперебойного питания. Перебои в электропитании тонких клиентов не приводят ни к потере информации, ни к выходу самих устройств из строя.

5. **Сверхнизкое энергопотребление.** «Холодный» процессор, отсутствие вентиляторов и прочих моторчиков, жестких дисков и приводов, флэш-память с мизерным потреблением — благодаря всему этому тонкий клиент потребляет чрезвычайно мало электроэнергии по сравнению с обычным ПК. Разница может быть десятикратной. Другими словами, 1 обычный, традиционный ПК потребляет столько же электроэнергии, сколько 10 тонких клиентов.

6. **Вся необходимая функциональность.** Тонкие клиенты оснащены USBпортами, что позволяет подключать к ним необходимую периферию.

7. **Простота расширения информационной системы.** Тонкие клиенты позволяют легко, с минимальными затратами сил и времени, расширять информационную систему, увеличивая число рабочих мест. Чтобы тонкий клиент начал полноценно работать, необходимы две розетки: электрическая и локальной сети. Не нужно устанавливать ОС, не нужно устанавливать драйве-

ры, не нужно устанавливать и настраивать программное обеспечение.

8. Низкие риски владения. Обычный компьютер могут украсть – системный блок можно достаточно легко вынести, тем более, что стандартные корпуса не оборудованы никакими элементами защиты от воровства. Воровать тонкие клиенты – глупо, бессмысленно и трудно. Во-первых, без сервера они бесполезны. Во-вторых, тонкие клиенты оснащены специальным разъемом «Kensington lock», позволяющим закреплять их при помощи специального «противоугонного» тросика за детали мебели.

9. Высокая экономическая эффективность. Статистика говорит о том, что до 77% стоимости владения продуктом составляют те затраты, которые предприятия несут уже после приобретения продукта. Сюда включаются расходы на обслуживание, ремонт, запасные части, простой вследствие неработоспособности оборудования, управление и т.п. И только лишь 23% стоимости владения продуктом – это стоимость его приобретения. При этом тонкие клиенты стоят дешевле, чем ПК и обеспечивают минимальную стоимость владения. Они не требуют приобретения лицензии на операционную систему, ее стоимость уже включена в стоимость устройства, а стоимость ТС CAL (клиентская лицензия на доступ к терминальному серверу) почти в 2 раза ниже, чем стоимость ОС Windows XP Pro OEM для ПК. Тонкие клиенты прослужат в 2 – 4 раза дольше, требуют минимум внимания со стороны обслуживающего персонала, значительно облегчают администрирование и обслуживание информационной системы. Наконец, тонкие клиенты минимизируют риски потери информации по причине различных аварий, минимизируют энергопотребление, их применение значительно снижает уровень шума в помещении, а риск воровства таких устройств стремится к нулю [7].

Недостатки обычного ПК:

1. Работающие за обычными ПК сотрудники ОНД используют не более 10-20% их производительности и, соответственно, их стоимости. При этом 80% - 90% вложенных в ПК денег не используются.

2. Обычные ПК требуют постоянной замены процессора, увеличения памяти для работы с обновляемым программным обеспечением (ПО).

3. В обычных ПК часты поломки блоков питания и жестких дисков.

4. Через подключение внешних накопителей не исключено попадание вирусов, кража коммерческой информации.

5. Средний срок жизни обычного ПК в условиях офиса не превышает одного-трех лет.

6. Для каждого ПК необходимо приобретать лицензионное программное обеспечение, а стоимость стандартного набора офисных программ равна стоимости самого ПК.

Применение тонкого клиента в надзорной деятельности будет способствовать:

- снижению затрат на приобретение новых обычных ПК;

- увеличению эффективности работы отдела в целом;

- защите локальной сети отдела от внутренних и внешних угроз;

- высокой степени сохранности информации;

- облегчению администрирования компьютерной сети отдела;

- легкости и скорости доступа к удаленным рабочим столам.

С принятием Федерального закона РФ от 26.12.2008 г. № 294-ФЗ "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля" и вступлением его в законную силу, время на проведение проверок противопожарного состояния объектов значительно сократилось, а вместе с тем и серьезно обострилась проблема качества проверок противопожарного состояния объектов [8].

На сегодняшний день основная работа инспектора надзорной деятельности заключается в проверке объекта надзора по соблюдению требований пожарной безопасности, а так же проведение профилактической работы в целях обеспечения и соблюдения правил пожарной безопасности на обслуживаемой территории, передача отчетных данных за день.

Как известно, с 2009 г. в обязанности инспектора надзорной деятельности также вменены проверки в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ГО и ЧС) [9].

При проведении проверки сразу в трех направлениях деятельности, т.е. по ПБ, ГО и ЧС, трудовые затраты инспектора надзорной деятельности значительно увеличиваются, а время на проведение проверки согласно действующему законодательству остается прежним – не более 15-50 час.

Как уже ранее говорилось, законодательная база деятельности по обеспечению соблюдения требований нормативно-правовых актов на объектах, как в области пожарной безопасности, так и в области ГО и ЧС, регламентируется большим количеством законодательных, нормативных правовых актов и документов.

С применением современных информационных технологий появилась возможность использования действующего законодательства в полном объеме.

За основу еще одного нового метода использования информационного обеспечения системы управления надзорной деятельности в муниципальном образовании, в своей работе предлагаем обеспечить инспектора надзорной деятельности планшетным компьютером, который будет оборудован программным обеспечением СПО ИАП и выходом в Интернет. Использование тонкого клиента, о котором говорилось в начале настоящего раздела нашей работы, позволяет использовать и программное обеспечение, и Интернет. В связи с этим, вся информация, полученная в процессе проведения проверки, будет заноситься в базу данных СПО ИАП непосредственно на объекте, по результатам проведения проверки на месте будут оформляться все необходимые документы, вручаться руководителю объекта, формироваться ЭКНД и по средствам электронной почты передавать вновь сформированные данные администратору ОНД для формирования общей базы данных объектов надзора ОНД, для своевременного оформления ежедневных данных по работе ОНД и передачи их в УНД. Так же у инспектора надзорной деятельности появляется возможность использования на месте проверки всей действующей законодательной базы, что немало важно при возникновении спорных вопросов в ходе проверки.

За основу еще одного нового метода совершенствования информационной системы управления надзорной деятельности, необходимость обеспечения инспектора надзорной деятельности планшетным компьютером, который будет оборудован программным обеспечением СПО ИАП и выходом в Интернет. Использование тонкого клиента, о котором говорилось ранее в данной статье, позволяет использовать и программное обеспечение, и Интернет. В связи с этим, вся информация, полученная в процессе проведения проверки, будет заноситься в базу данных СПО ИАП непосредственно на объекте, по результатам проведения проверки на месте будут оформляться все необходимые документы, вручаться руководителю объекта, формироваться ЭКНД и по средствам электронной почты передавать вновь сформированные данные администратору ОНД для формирования общей базы данных объектов надзора ОНД, для своевременного оформления ежедневных данных по работе ОНД и передачи их в УНД. Так же у инспектора надзорной деятельности появляется возможность использования на месте проверки

всей действующей законодательной базы, что немало важно при возникновении спорных вопросов в ходе проверки.

Вывод. На сегодняшний день с учетом технического обеспечения, полноценное использование сотрудниками уже имеющихся информационных технологий и внедрение новых для надзорной деятельности будет наиболее эффективным. С применением методов совершенствования информационной системы управления надзорной деятельности, приведет к экономии как капитальных затрат, так и к экономии времени, что в свою очередь способствует повышению:

- уровня автоматизации и компьютеризации исполнительских процессов;
- уровня прогрессивности управленческих процессов;
- ритмичности служебной деятельности;
- повысить уровень автоматизации и компьютеризации исполнительских процессов;
- качество проведения проверки объекта защиты.

Высвобожденное время инспектор ОНД может потратить на проведение профилактической работы в жилом секторе, что на сегодняшний день является неотъемлемой частью работы отдела надзорной деятельности.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Ковалева Е.Г., Литвин М.В. Общая характеристика системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С.179-183.
2. Ветрова Ю.В., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В. Формирование личностных качеств у сотрудников ГПС МЧС России – главная цель функционирования системы профессиональной подготовки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С.180-183.
3. Федеральный закон от 27 июля 2006 №149 – ФЗ “Об информации, информационных технологиях и о защите информации” Собрание законодательства Российской Федерации 2006. №12 ст. 134.
4. Топольский Н.Г., Мосягин А.Б., Колобков В.В., Блудчий Н.П. Информационные технологии управления в государственной противопожарной службе. уч. пос. М: Академия ГПС МЧС РФ, 2004. 168с.

5. Система СПО ИАП с встроенным программным модулем “Сбора информации о состоянии безопасности объектов надзора по результатам надзорной деятельности в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера” // Отчет НИР / Новосибирский филиал НИИ ВДПО. Новосибирск. 2009.

6. Тонкие клиенты и терминальные технологии – экономичные решения для бизнеса. Режим доступа: <http://tonk.com.ua>

7. “Норма: Терминальные решения.” Режим доступа: <http://www.norma-ts.ru>

8. Ковалева Е.Г., Радоуцкий В.Ю., Северин Н.Н. Концептуальные основы, определяющие

эффективное функционирование системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 190-194.

9. Административный регламент Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности, утвержденный приказом МЧС России от 28.06.2012г. №375.

Филинских А.Д., канд. техн. наук, доц.,
Соснина О.А. канд. техн. наук, доц.,
Бойтяков А.А., аспирант

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИЕРАРХИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

alexey.boytyakov@gmail.com

Одним из важных вопросов, связанных с обменом информацией между созданными в разных технологиях геометрическими моделями, является определение основных параметров геометрических моделей и распределение по иерархии. Для этого был построен граф параметров геометрической модели (ГМ). Также разработана методика определения структурных весов каждого параметра геометрической модели, для оценки передачи и восстановления ГМ между различными профессиональными программными средами.

Ключевые слова: геометрическая модель, передача данных, классификация параметров, иерархические веса параметров.

Введение. В результате проведения исследования методов и средств информационных технологий обмена геометрическими моделями, функциональных возможностей профессиональных программных сред различных вендоров по созданию и редактированию ГМ и сопутствующей ей информации, а так же анализа различных источников определим параметры моделей, на основании которых будем производить оценку коэффициента передачи ГМ [7]. К этим параметрам можно отнести:

- точность передачи конструктивных элементов ГМ (узлов, ребер, поверхностей, объемов);
- граничные представления;
- пересечения геометрии;
- сохранение параметрических связей (табличная, геометрическая, иерархическая и размерная параметризация);
- адаптивность;
- сохранение наложенных зависимостей в эскизах, отдельных деталях и сборках между отдельными деталями и узлами;
- дополнительные построения;
- сохранение без искажений чертежей, созданных с трехмерной геометрической модели детали или сборки изделия;
- сохранения типа моделирования ГМ;
- сохранение и возможность редактирования 3D модели с помощью эскиза, на основании которого она была построена;
- сохранение типов сборочных зависимостей;
- ассоциативность;
- точность соединений сборочных единиц;
- сохранение и возможность дальнейшего применения таких параметров изделия как: материал, масса, плотность, площадь, объем, центр масс, а так же дополнительные параметры, не

относящиеся непосредственно к геометрическим построениям изделия;

- возможность использования кириллицы в имени передающего файла;
- значительное увеличение размера передающего файла, относительно «родного» формата.

Для оценки полноты передачи ГМ изделия, которая характеризуется десятками показателей, необходимо использовать специальные технические и программные средства, поскольку порог, установленный психологами для оценки «вручную» не превышает $\langle 7 \pm 2 \rangle$, после которого человеку трудно творчески осмысливать задачу. Для решения данной проблемы прибегнем к разбиению ее на части, что является универсальным методом, при решении задач высокой размерности [1,3]. Сокращение размерности признакового пространства при многокритериальном оценивании объектов заключается в его структурировании. Проведем сокращение размерности, прибегнув к данному методу [5]. Графически это можно представить в виде графа типа «дерево» [2,6].

Основная часть

Построение графа показателей значимости параметров геометрической модели, в профессиональных программных средах, заключается в образовании групп этих параметров с помощью процесса интеграции и дифференциации, основанных на анализе свойств сходства и различия присущем процедуре классификации [4,8]. Разобьем этот процесс на этапы:

1. Обозначаем глобальный признак;
2. определяем первичные критерии оценки (параметры ГМ по которым идет оценка);
3. формируем локальные признаки для построения дерева.

В соответствии с данной методикой, обозначаем глобальный признак, которым будет

служить коэффициент передачи геометрической модели (k). Далее, первичные критерии оценки, значимости параметров ГМ в профессиональных программных средах (параметры ГМ по которым идет оценка), мы выделяем геометрические свойства модели – локальные свойства первого яруса. В свою очередь геометрические свойства модели можно разделить на свойства сборочной единицы, а так же отдельных ее деталей, которые будут являться локальными признаками второго яруса. Так же в первом ярусе локальных признаков выделяем атрибутивную информацию о модели и свойства самого передающего файла. Аналогичным образом проводим дальнейшее объединение и распределение параметров по схожим признакам. Получаем иерархическое пространство, в котором первичные параметры ГМ при передаче ее из одной программной среды в другую, являются локальными свойствами второго, третьего и четвертого уровней.

В результате проведенного исследования, была сформирована структура и представлена в виде списка параметров:

Коэффициент передачи ГМ

1. Геометрия
 - 1.1. Сборка
 - 1.1.1. Точность соединений
 - 1.1.2. Дерево создания (иерархическая параметризация)
 - 1.1.3. Адаптивность
 - 1.1.4. Сборочные зависимости
 - 1.1.5. Дополнительные построения
 - 1.1.6. Построение чертежей
 - 1.1.7. Ассоциативность
 - 1.2. Деталь

- 1.2.1. Точность геометрии
 - 1.2.1.1. Точность узлов
 - 1.2.1.2. Точность ребер
 - 1.2.1.3. Точность поверхностей
 - 1.2.1.4. Точность объемов
 - 1.2.1.5. Сохранение типа моделирования
 - 1.2.1.6. Граничные представления
 - 1.2.1.7. Пересечения
- 1.2.2. Параметризация
 - 1.2.2.1. Табличная
 - 1.2.2.2. Геометрическая
 - 1.2.2.3. Иерархическая
 - 1.2.2.4. Размерная
- 1.2.3. Эскизы
- 1.2.4. Ассоциативность
- 1.2.5. Адаптивность
- 1.2.6. Построение чертежей
- 1.2.7. Массивы, отражения

2. Атрибутивная информация

- 2.1. Материал
- 2.2. Масса
- 2.3. Плотность
- 2.4. Площадь
- 2.5. Объем
- 2.6. Центр масс
- 2.7. Автоматическое составление спецификации

2.8. Дополнительные параметры

3. Параметры файла

- 3.1. Возможность использования кириллицы в имени
- 3.2. Размер файла

Строим граф иерархической структуры параметров. Справа обозначаем уровни (ярусы) нашего графа.

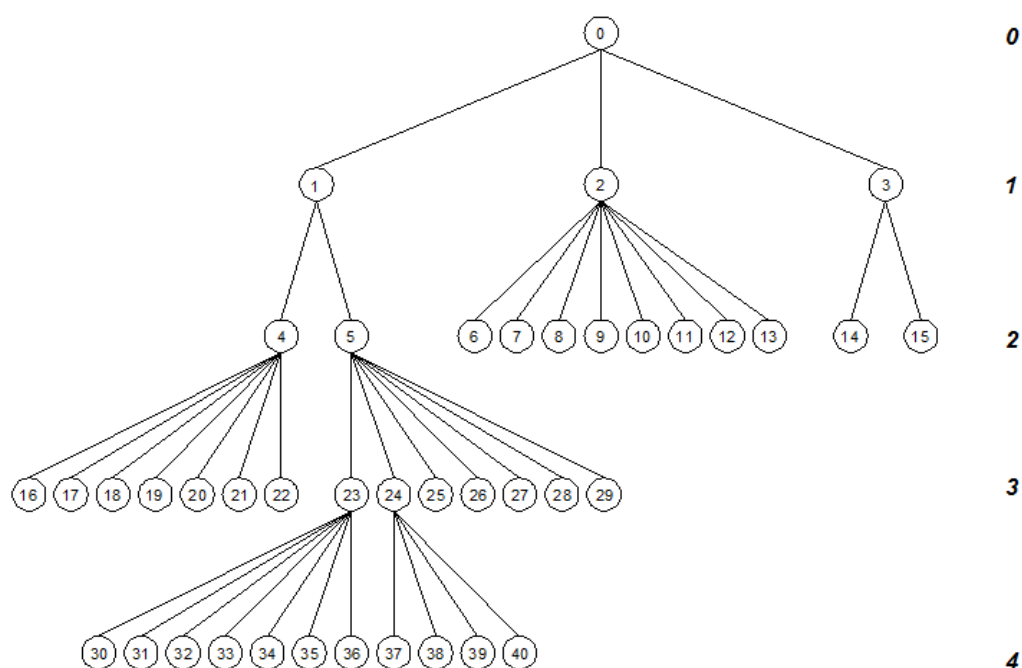


Рис. 1. Иерархическая структура параметров ГМ

На нулевом ярусе находится глобальный признак – коэффициент передачи ГМ. Первичные параметры ГМ при передаче ее из одной программной среды в другую находятся на втором ярусе средней и правой ветки и на третьем и четвертом ярусе левой ветки графа иерархической структуры параметров ГМ. Взяв за основу принцип «значимость признака не зависит от степени его детализации» выравниваем веса первичных параметров по отношению к глобальному признаку «снизу-вверх» по иерархии

[3]:

1. Рассчитываем иерархические веса первичных параметров, исходя из условия их равноценности:

$$w_l^0 = 1/n_l \quad (1)$$

где l – количество уровней в иерархии; w_l^0 – иерархические веса первичных параметров всех l уровней; n_l – количество первичных параметров всех l уровней.

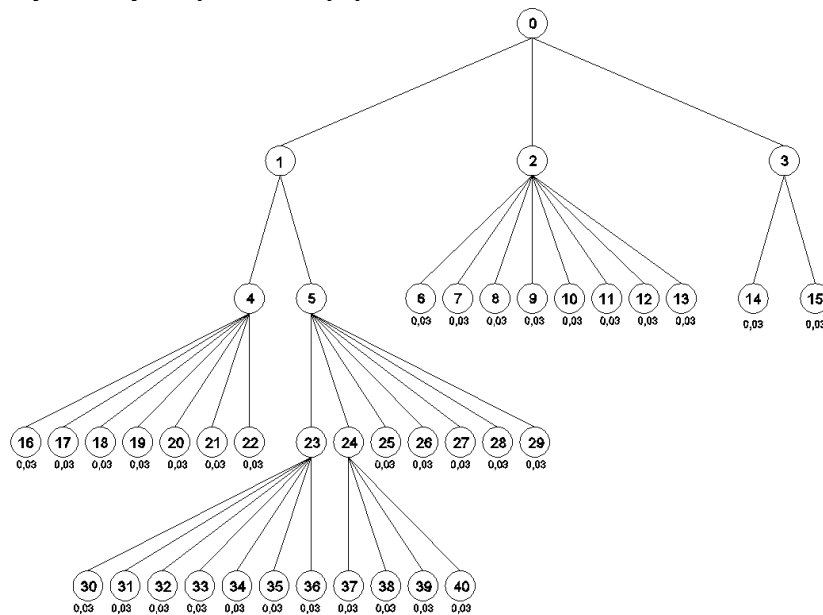


Рис.2. Иерархические веса первичных параметров

2. Рассчитываем иерархические веса $w_{r,j}^i$, $0 < r < l$ локальных параметров «снизу-вверх» путем суммирования весов составляющих их признаков нижнего уровня.

Где r – уровень иерархии; j – признак в иерархии; l – количество уровней в иерархии.

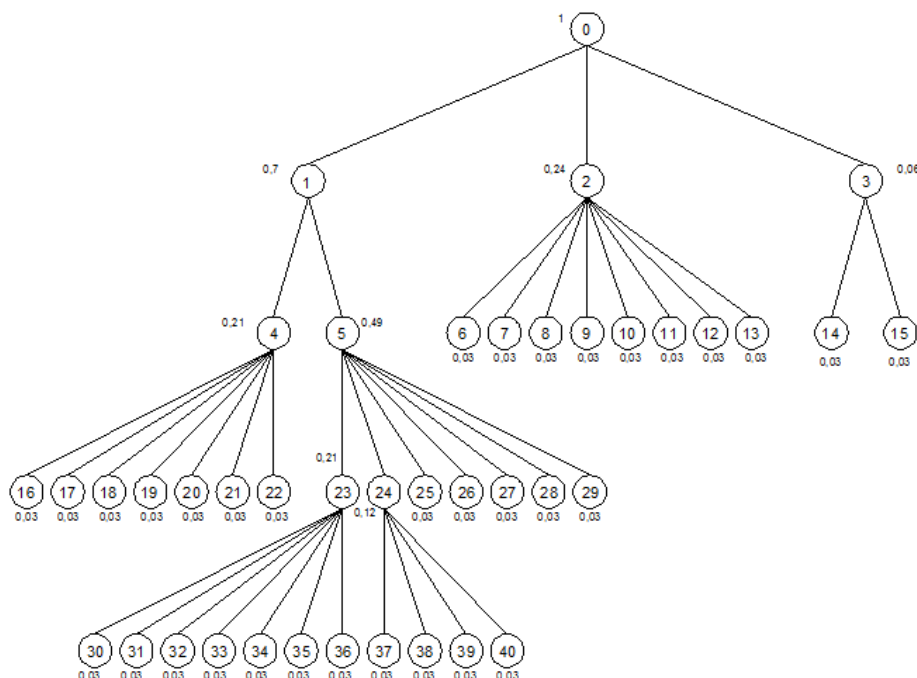


Рис. 3. Иерархические веса локальных параметров.

3. Для обеспечения суммы весов параметров, равной 1, иерархические веса локальных параметров преобразуются в локальные веса относительно иерархического веса параметра старшего уровня:

$$w_{r,j}^l = w_{r,j}^i / w_{r-1,j}^i \quad (2)$$

где r – уровень иерархии; j – признак в иерархии; $w_{r,j}^i$ – иерархический вес локальных параметров; $w_{r,j}^l$ – локальный вес относительно иерархического веса параметра старшего уровня.

Проставим полученные веса в нашей иерархии:

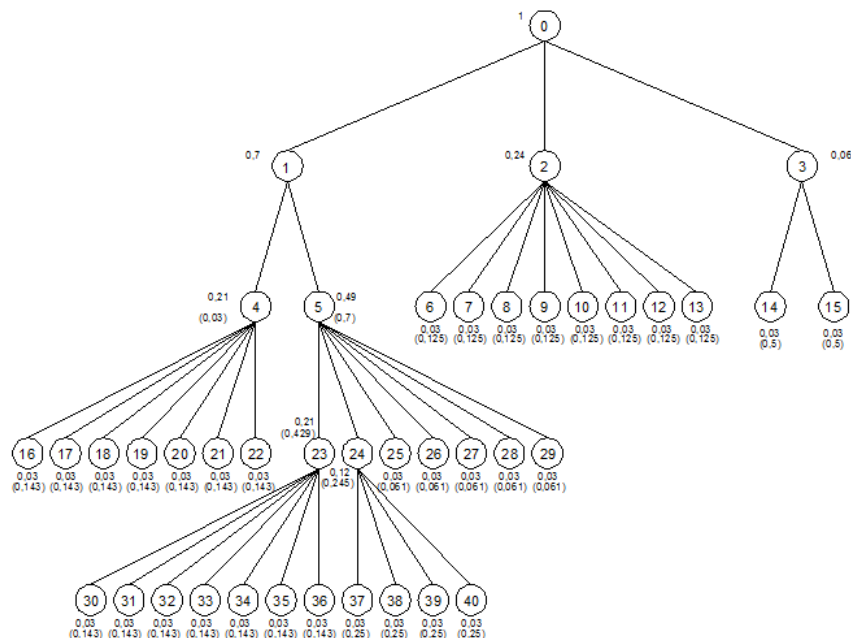


Рис. 4 Иерархия с равными весами первичных параметров

В результате построенного графа иерархической структуры параметров и проведенных на основе него расчетов, получены структурные весовые коэффициенты показателей значимости параметров ГМ. На основе полученных данных видно, что в соответствии со структурой иерархии веса локальных параметров первого яруса различны. Самым значительным из них оказались параметры геометрии, т.к. данная ветвь значительно весомее остальных. Локальные веса показаны в скобках.

Для определения показателей значимости параметров ГМ, помимо структурных весовых коэффициентов, необходимо учитывать мнение экспертов (экспертные весовые коэффициенты), относительно этих параметров.

Вывод. Предложена новая классификация параметров геометрической модели изделия, предназначенная для расчета сложности восстановления ГМ, в которую включены параметры геометрии, атрибутивной информации и передающего файла, и представлена в виде иерархического пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. М.: Знание, 1979. 64 с.
2. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании. М.: Наука. Главная

редакция физико-математической литературы, 1985. 352 с.

3. Микони С.В. Теория и практика рационального выбора: Монография. М.: Маршрут, 2004. 463 с. ISBN 5-89035-141-9

4. Петровский А.Б. Упорядочение и классификация объектов с противоречивыми признаками // Новости искусственного интеллекта. 2003. №4. С. 34-43

5. Подиновский В.В. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями // Автоматика и телемеханика. 1976. №11. С. 118-127.

6. Татт У. Теория графов: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 424 с.

7. Филинских А.Д., Бяшеров А.Х. Анализ передачи параметрической и графической информации на основе экспериментальных данных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 164-166.

8. Филинских А.Д., Райкин Л.И. Функционально-ориентированная оценка передачи и восстановления геометрических моделей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 176-179.

Зуев С.В., канд. физ.-мат. наук
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА КЛАССИЧЕСКОМ КОМПЬЮТЕРЕ

sergey.zuev@bk.ru

Квантовые вычисления считаются будущим вычислительной техники. Давая экспоненциальный выигрыш в скорости решения самых востребованных NP задач, а также открывая возможности в построении систем искусственного интеллекта, криптографии и распознавания образов, квантовые алгоритмы сейчас не используются только по причине отсутствия собственно квантового компьютера. Это препятствие уже в ближайшее время может быть преодолено, поскольку ведущие компании мира вкладывают огромные ресурсы в разработки в этом направлении и первые результаты есть уже во многих странах, в том числе и в России.

Среди известных квантовых алгоритмов особое место занимают алгоритмы нахождения порядка и факторизации. Ввиду их важности в вопросах информационной безопасности, возникает вопрос о тестировании и модификации этих алгоритмов для прикладных задач на классическом компьютере. Успешное испытание квантового алгоритма на классическом компьютере делает его готовым к применению на квантовом устройстве незамедлительно после его появления.

В настоящей работе построены представления состояний кубита и операций над ними, позволяющие моделировать простейшие квантовые алгоритмы на классическом компьютере с заданной точностью.

Ключевые слова: квантовые вычисления, квантовый алгоритм, кубит, квантовое преобразование Фурье, алгоритм факторизации.

Введение, постановка задачи

Согласно широко распространенному в научном сообществе мнению, выраженному в книгах, научных и научно-популярных статьях (например, [5], [3], [6], соответственно), эволюция компьютерной техники будет идти в области развития систем квантовых вычислений (квантовых компьютеров). Их принцип действия основан на фундаментальных физических закономерностях микромира – квантовой механике. Создание таких устройств сопряжено с успехами исследований на переднем крае современной физики: достаточно посмотреть на авторитетный электронный источник <http://xxx.lanl.gov>, раздел quant-ph, где большая часть статей посвящена вопросам, связанным с тематикой квантовых вычислений.

Базовой единицей информации в квантовых вычислениях является *кубит* – нормированный вектор в двумерном комплексном линейном векторном пространстве. Сам квантовый алгоритм иллюстрируется графически *квантовой схемой*, в которой кубиты занимают регистры, изображаемые горизонтальными прямыми, а элементы, осуществляющие преобразования кубитов, обозначаются прямоугольными блоками. Один из пионеров квантовых вычислений Дэвид Дойч в своей работе [1] показал, что преобразование кубита можно без потери общности осуществлять с помощью нескольких *квантовых элементов* (иначе называются *квантовые вентили* или, в английском варианте *quantum gates*).

Полезность квантовых вычислений заключается в возможности параллельной обработки информации с помощью преобразований системы кубитов. Трудности заключаются в свойстве *декогерентности* квантовых систем – при измерении кубит принимает определенное значение и остается в нем.

Известные на сегодняшний день квантовые алгоритмы обеспечивают значительный выигрыш в скорости вычислений по сравнению с классическими. Однако, их реализация наталкивается на трудности чисто физического характера – устройство для квантовых вычислений создать трудно и не менее трудно доказать, что созданное устройство выполняет квантовые вычисления. Кроме того, сами квантовые вычисления, ввиду вероятностной природы результатов квантовых измерений, выдают требуемые результаты лишь с определенной вероятностью. Ввиду этого возникает вопрос об оценке ошибок квантовых вычислений.

Последние исследования (см. [2] и ссылки в работе) показывают, что наиболее вероятным кандидатом на коррекцию ошибок квантовых вычислений является ренорм-группа высокого разрешения и другие топологические методы. Это позволяет надеяться на возможность классического моделирования квантовых вычислений с помощью дискретных преобразований в алгебрах Ли, в частности, в алгебре кватернионов, равных по модулю 1. Именно такая попытка предпринята в настоящей статье для широко

используемого в приложениях квантового преобразования Фурье.

Методика классического моделирования квантового алгоритма

Чтобы построить классическую модель квантового вычисления, следует построить с требуемой точностью конечные представления состояния кубита и модели действий квантовых вентилей на составных системах таких состояний. Хорошая модель должна позволять задавать уровень точности до начала вычислений.

Для представления состояний кубита воспользуемся его кватернионным представлением. Состояния кубита могут быть заданы парой комплексных чисел: $z = \sin \alpha (\cos \varphi + k \sin \varphi)$ и $w = \cos \alpha (\cos \psi + k \sin \psi)$, где $\alpha, \varphi, \psi \in [0, 2\pi)$, $k^2 = -1$. В этом случае, состояние в базисе $|0\rangle, |1\rangle$ (вычислительный базис) представляется в виде $z|0\rangle + w|1\rangle$, а условие нормировки $|z|^2 + |w|^2 = 1$ выполняется тождественно. Записав кватернион q в виде

$$q = z + wj = \sin \alpha \cos \varphi - i \cos \alpha \sin \psi + j \cos \alpha \cos \psi + k \sin \alpha \sin \varphi = q(\alpha, \varphi, \psi), \quad j^2 = -1, jk = -kj \equiv i, \quad (1)$$

получаем взаимно однозначное соответствие между кватернионом q и парой комплексных чисел z, w , связанных условием $|z|^2 + |w|^2 = 1$,

которая собственно и является кубитом. Легко проверить, что $|q| = 1$.

Пусть имеется эффективный квантовый алгоритм, дающий решение какой-то задачи с существенным использованием квантового параллелизма и обеспечивающий выигрыш в количестве операций. Тогда этот алгоритм может быть реализован на классическом компьютере с помощью кватернионного представления состояния кубита: достаточно все операции, осуществляемые квантовыми элементами, представить как кватернионные преобразования, которые, в свою очередь, осуществляются классическим компьютером обычными операциями. Экономия в количестве операций при этом может быть достигнута только в кватернионном представлении. При переходе от кватернионного представления кубита к двоичному представлению данных, экономия теряется. Таким образом, на классическом компьютере добиться существенной экономии в числе операций не удастся, но имеется возможность тестирования и отладки квантовых алгоритмов.

Квантовое преобразование Фурье

Для иллюстрации предложенного метода классического моделирования квантовых вычислений, рассмотрим хорошо известное дискретное преобразование Фурье и его квантовый аналог.

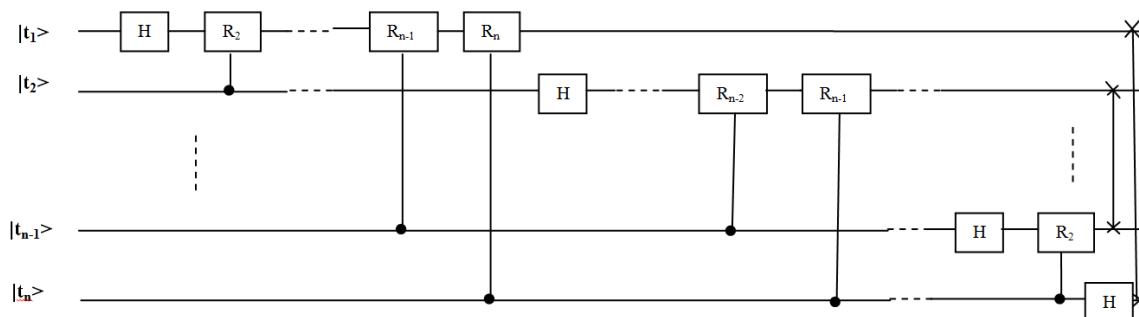


Рис. 1. Квантовая схема, осуществляющая дискретное преобразование Фурье

Дискретное преобразование Фурье – это унитарное преобразование комплексного вектора с координатами x_0, \dots, x_{N-1} в комплексный вектор с координатами y_0, \dots, y_{N-1} по формуле:

$$y_k = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{l=0}^{N-1} x_l e^{2\pi i k l / N}. \quad (2)$$

Это преобразование используется во множестве приложений: от алгоритмов архивации до распознавания изображений, а в квантовых вычислениях – и как часть алгоритма нахождения порядка, который, в свою очередь, является частью алгоритма факторизации.

На рис. 1 изображена квантовая схема преобразования Фурье, представленная в книге [4]. Ее работа основана на том, что для $N = 2^n$ каждый комплексный N -мерный вектор можно представить как линейную комбинацию векто-

ров вычислительного базиса $|0\rangle, \dots, |N-1\rangle$ с комплексными коэффициентами, а сами векторы вычислительного базиса можно символически записать так

$$|0 \dots n \text{ штук } 0 \dots 0\rangle, |0 \dots 01 \dots 1\rangle, |1 \dots 11 \dots 1\rangle, \quad (3)$$

так что, например, $|6\rangle \equiv |110\rangle$, где 110 – двоичная запись числа 6. В квантовой схеме предполагается, что исходный комплексный вектор представляется в виде

$$|x\rangle = x_0 |0 \dots 0\rangle + \dots + x_{N-1} |1 \dots 1\rangle \quad (4)$$

и подается на вход схемы, которая производит над ним унитарное преобразование U так, что на выходе получается вектор

$$|y\rangle = U|x\rangle = x_0 U|0 \dots 0\rangle + \dots + x_{N-1} U|1 \dots 1\rangle \geq y_0 |0 \dots 0\rangle + \dots + y_{N-1} |1 \dots 1\rangle. \quad (5)$$

Тем самым, для нахождения по заданным значениям x_0, \dots, x_{N-1} величин y_0, \dots, y_{N-1} , достаточно знать, что схема осуществляет преобразование U , которое является квантовым преобразованием Фурье, и вычислить действие этого преобразования на векторы вычислительного базиса. Тогда координаты y_0, \dots, y_{N-1} преобразованного вектора в том же базисе будут результатом применения дискретного преобразования Фурье к набору комплексных чисел x_0, \dots, x_{N-1} .

Представленная на рис. 1 квантовая схема реализует действие оператора квантового преобразования Фурье на базисный элемент $|t\rangle$ для любого $t = 0, \dots, N-1$. Для этого элемент

$$|\hat{t}\rangle = (\tau_{01}|0\rangle + \tau_{11}|1\rangle) \dots (\tau_{0n}|0\rangle + \tau_{1n}|1\rangle) = \tau_{01} \dots \tau_{0n}|0 \dots 0\rangle + \tau_{01} \dots \tau_{1n}|0 \dots 1\rangle + \dots + \tau_{11} \dots \tau_{1n}|1 \dots 1\rangle. \quad (6)$$

В последней сумме находится $2^n = N$ слагаемых, которые являются компонентами вектора состояния составной системы из n кубитов после преобразования. Поскольку $|t\rangle$ есть базисный элемент, то любой комплексный вектор

$$|y\rangle = y_0|0 \dots 0\rangle + \dots + y_{N-1}|1 \dots 1\rangle = x_0[\tau_{01}(0) \dots \tau_{0n}(0)|0 \dots 0\rangle + \dots + \tau_{11}(0) \dots \tau_{1n}(0)|1 \dots 1\rangle] + x_{N-1}[\tau_{01}(N-1) \dots \tau_{0n}(N-1)|0 \dots 0\rangle + \dots + \tau_{11}(N-1) \dots \tau_{1n}(N-1)|1 \dots 1\rangle]. \quad (8)$$

В итоге дискретное преобразование Фурье будет представлено соотношениями:

$$\begin{aligned} y_0 &= x_0 \tau_{01}(0) \dots \tau_{0n}(0) + \dots + x_{N-1} \tau_{01}(N-1) \dots \tau_{0n}(N-1), \dots \\ y_{N-1} &= x_0 \tau_{11}(0) \dots \tau_{1n}(0) + \dots + x_{N-1} \tau_{11}(N-1) \dots \tau_{1n}(N-1) \end{aligned} \quad (9)$$

и для его полного определения достаточно определить значения $2n$ функций $\tau_{0i}(t), \tau_{1i}(t), i = 1, \dots, n$, для целых аргументов от 0 до $N-1$.

Рассмотрим работу квантовой схемы преобразования Фурье в кватернионном представлении кубитов. Для этого запишем в кватернионном виде квантовые элементы:

$$\hat{q} = \frac{1}{\sqrt{2}}((\sin \alpha \cos \varphi + \cos \alpha \cos \psi) - i(\sin \alpha \sin \varphi - \cos \alpha \sin \psi) + j(\sin \alpha \cos \varphi - \cos \alpha \cos \psi) + k(\sin \alpha \sin \varphi + \cos \alpha \sin \psi)), \quad (11)$$

в то же время, $\hat{q} = \hat{q}(\hat{\alpha}, \hat{\varphi}, \hat{\psi}) = \sin \hat{\alpha} \cos \hat{\varphi} - i \cos \hat{\alpha} \sin \hat{\varphi} + j \cos \hat{\alpha} \cos \hat{\psi} + k \sin \hat{\alpha} \sin \hat{\psi}$, что приводит к соотношениям:

$$\begin{aligned} \sin \hat{\alpha} \cos \hat{\varphi} &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\sin \alpha \cos \varphi + \cos \alpha \cos \psi) \\ \cos \hat{\alpha} \sin \hat{\varphi} &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\sin \alpha \sin \varphi - \cos \alpha \sin \psi) \\ \cos \hat{\alpha} \cos \hat{\psi} &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\sin \alpha \cos \varphi - \cos \alpha \cos \psi) \\ \sin \hat{\alpha} \sin \hat{\psi} &= \frac{1}{\sqrt{2}}(\sin \alpha \sin \varphi + \cos \alpha \sin \psi) \end{aligned} \quad (12)$$

из которых получаем

$$\begin{aligned} q_l &= z + e^{2\pi k/2^l} w j = \sin \alpha \cos \varphi + k \sin \alpha \sin \varphi + \left(\cos \frac{\pi}{2^{l-1}} + k \sin \frac{\pi}{2^{l-1}} \right) \cos \alpha (\cos \psi + k \sin \psi) j = \\ &= \sin \alpha \cos \varphi - i \cos \alpha \sin \left(\frac{\pi}{2^{l-1}} + \psi \right) + j \cos \alpha \cos \left(\frac{\pi}{2^{l-1}} + \psi \right) + k \sin \alpha \sin \varphi, \end{aligned} \quad (14)$$

$|t\rangle$ записывается в двоичном представлении $|t_n \dots t_1\rangle$, где каждый знак принимает значение 0 или 1, и на s -й регистр (горизонтальную линию схемы) подается кубит в чистом состоянии $|t_s\rangle$. На выходе этого регистра появится состояние, являющееся суперпозицией базисных векторов $|0\rangle$ и $|1\rangle$: $|\hat{t}_s\rangle = \tau_{0s}|0\rangle + \tau_{1s}|1\rangle$, причем значения $\tau_{0s}(t)$ и $\tau_{1s}(t)$ для всех s будут зависеть от поданного на вход значения t . Преобразованное состояние $|\hat{t}\rangle$ базисного элемента будет выглядеть как тензорное произведение состояний регистров:

с координатами x_0, \dots, x_{N-1} представляется в виде:

$$|x\rangle = x_0|0 \dots 0\rangle + \dots + x_{N-1}|1 \dots 1\rangle, \quad (7)$$

а следовательно, вектор $|y\rangle$ будет иметь вид:

$$H \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \text{ и } R_l \equiv \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{2\pi k/2^l} \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Пусть под действием элемента H кубит из состояния q переходит в состояние \hat{q} . Тогда, по определению элемента H , имеем $\hat{q} = \frac{1}{\sqrt{2}}((z + w) + (z - w)j)$ или

$$\begin{aligned} \cos \hat{\alpha} &= \frac{\sqrt{1 - \sin 2\alpha \cos(\varphi - \psi)}}{\sqrt{2}}, \\ \cos \hat{\varphi} &= \frac{\sin \alpha \cos \varphi + \cos \alpha \cos \psi}{\sqrt{1 + \sin 2\alpha \cos(\varphi - \psi)}}, \\ \cos \hat{\psi} &= \frac{\sin \alpha \cos \varphi - \cos \alpha \cos \psi}{\sqrt{1 - \sin 2\alpha \cos(\varphi - \psi)}}. \end{aligned} \quad (13)$$

Эти соотношения задают преобразование кватерниона под действием квантового элемента H .

Вычислим таким же путем преобразование для квантового элемента R_l : пусть q_l является результатом действия элемента R_l на q . Тогда, с одной стороны,

а с другой стороны, обозначая преобразованные параметры через $\alpha_l, \varphi_l, \psi_l$, имеем

$$q_l = \sin \alpha_l \cos \varphi_l - i \cos \alpha_l \sin \psi_l + j \cos \alpha_l \cos \psi_l + k \sin \alpha_l \sin \varphi_l \quad (15)$$

и преобразование будет сводиться к преобразованию параметра ψ :

$$\alpha_l = \alpha, \quad \varphi_l = \varphi, \quad \psi_l = \psi + \frac{\pi}{2^{l-1}}. \quad (16)$$

В итоге, композиция преобразований $R_l H$ ($l = 2, \dots, n$) есть преобразование исходного кубита вида $q(\alpha, \varphi, \psi) \rightarrow \hat{q}_l(\hat{\alpha}_l, \hat{\varphi}_l, \hat{\psi}_l)$, где новые параметры определяются соотношениями

$$\begin{aligned} \hat{\alpha}_l &= \arccos\left(\frac{\sqrt{1 - \sin 2\alpha \cos(\varphi - \psi)}}{\sqrt{2}}\right), \\ \hat{\varphi}_l &= \arccos\left(\frac{\sin \alpha \cos \varphi + \cos \alpha \cos \psi}{\sqrt{1 + \sin 2\alpha \cos(\varphi - \psi)}}\right), \\ \hat{\psi}_l &= \arccos\left(\frac{\sin \alpha \cos \varphi - \cos \alpha \cos \psi}{\sqrt{1 - \sin 2\alpha \cos(\varphi - \psi)}}\right) + \frac{\pi}{2^{l-1}}. \end{aligned} \quad (17)$$

а в векторном виде

$$|\hat{q}_s\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + e^{k\hat{\psi}_s}|1\rangle). \quad (21)$$

Заметим теперь, что $|\hat{q}_s\rangle$ есть те же самые векторы, что рассмотренные выше $|\hat{t}_s\rangle$, с точностью до обращения порядка нумерации кубита: $|\hat{q}_1\rangle = |\hat{t}_n\rangle, \dots, |\hat{q}_n\rangle = |\hat{t}_1\rangle$, следовательно

$$\begin{aligned} y_0 &= \frac{1}{2^{n/2}}(x_0 + \dots + x_{N-1}), \\ y_1 &= \frac{1}{2^{n/2}}(x_0 e^{k\hat{\psi}_1(0)} + \dots + x_{N-1} e^{k\hat{\psi}_1(N-1)}), \\ y_{N-1} &= \frac{1}{2^{n/2}}(x_0 e^{k\sum_{r=1}^n \hat{\psi}_r(0)} + \dots + x_{N-1} e^{k\sum_{r=1}^n \hat{\psi}_r(N-1)}). \end{aligned} \quad (24)$$

Вычислительная реализация этого преобразования на классическом компьютере может быть произведена по формулам (19), где существенная часть, дающая взаимосвязь между начальным (t) и конечным (ψ) состояниями задана формулой (23).

Выводы

Для построения, тестирования и отладки квантовых алгоритмов можно использовать классические компьютеры. В частности, в работе показан способ моделирования квантовых вычислений на классическом компьютере с помощью кватернионного представления состояния кубита и его преобразований. Полученная математическая модель квантового преобразования Фурье может быть использована для полноценного тестирования квантового алгоритма нахождения порядка и, следовательно, для создания полного алгоритма факторизации.

Заметим, что на вход схемы подаются только состояния вычислительного базиса: $|0\rangle$ или $|1\rangle$, а кватернионы этих состояний находятся из соотношений $z = 1, w = 0$ для состояния $|0\rangle$ и $z = 0, w = 1$ для состояния $|1\rangle$. Легко найти, что они имеют вид:

$$q_{|0\rangle}(\frac{\pi}{2}, 0, 0) = 1, \quad q_{|1\rangle}(0, 0, 0) = j \quad (18)$$

В схеме на рис. 1 операторы R_l работают только тогда, когда в управляющем ими регистре находится состояние $|1\rangle$. Значит, в формулах (1) следует установить символ Кронекера и, с учетом начальных значений $\varphi = \psi = 0$, найдем для s -го кубита:

$$\begin{aligned} \hat{\alpha}_s &= \frac{\pi}{4}, \quad \hat{\varphi}_s = 0, \\ \hat{\psi}_s &= \pi \delta_{0\alpha} + \sum_{m=2}^{n-s+1} \frac{\pi}{2^{m-1}} \delta_{1,t_{m+s-1}}. \end{aligned} \quad (19)$$

или, в кватернионном виде:

$$\hat{q}_s = \frac{1}{\sqrt{2}} - i \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \hat{\psi}_s + j \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \hat{\psi}_s = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 + e^{k\hat{\psi}_s}j), \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \tau_{0s}(t) &= \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad \tau_{11}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{k\hat{\psi}_n(t)}, \dots, \tau_{1n}(t) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{k\hat{\psi}_1(t)} \end{aligned} \quad (22)$$

где

$$\hat{\psi}_s(t) = \pi \delta_{1,t_s} + \sum_{m=2}^{n-s+1} \frac{\pi}{2^{m-1}} \delta_{1,t_{m+s-1}}. \quad (23)$$

В итоге имеем дискретное преобразование Фурье в виде:

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Deutsch D. Quantum computational networks // Proc. R. Soc. Lond. 1989. A425. P.73-90.
2. Hutter A., Loss D., Wootton J.R. Improved HDRG decoders for qudit and non-Abelian quantum error correction [arXiv:1410.4478v1 [quant-ph] 16 Oct 2014]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://xxx.lanl.gov/pdf/1410.4478.pdf> (дата обращения: 21.10.2014).
3. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // УФН. 2005. Т. 175. С. 3-39.
4. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. Пер. с англ. М.: Мир, 2006. 824 с.
5. Ожигов Ю.И. Конструктивная физика. Ижевск: Изд. РХД, 2010. 424 с.
6. Холево А. Квантовая информатика: прошлое, настоящее, будущее // В мире науки. 2008. №7. С. 68-7

*Классен В.К., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЧНОЙ СИСТЕМОЙ СУХОГО СПОСОБА ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

klassen.vk@yandex.ru

В статье рассматриваются основные принципы управления современной печной системой сухого способа производства для обжига цементного клинкера. Приведены контролируемые технологические параметры и способ воздействия на них регулируемыми органами. Приведенные зависимости позволяют практически полностью автоматизировать процесс обжига цементного клинкера в печных системах с циклонными теплообменниками и декарбонизатором. Показаны способы своевременного определения и предупреждения аварийной ситуации, в первую очередь, по возникновению настылей в нижней части циклонного теплообменника, в декарбонизаторе; материальных и клинкерных колец в печи. При реализации приведенных способов управления и автоматизации процессом обжига цементного клинкера достигается стабильность работы всей системы, обеспечиваются высокие технико-экономические показатели, а именно, повышенные производительность агрегата, стойкость футеровки и качество клинкера; пониженный удельный расход топлива. Кроме того, вследствие предупреждения аварийных ситуаций увеличивается коэффициент использования оборудования.

Ключевые слова: клинкер, обжиг, управление, контролируемые параметры, регулируемое воздействие, печь, теплообменники, декарбонизатор.

Введение. Рациональное управление наиболее сложным и энергоемким процессом производства цемента – обжигом цементного клинкера является важной научно-технической задачей, так как в значительной степени определяет эффективность работы агрегата. В настоящее время наибольшее распространение при сухом способе имеют печи с декарбонизаторами, поэтому необходимо рассмотреть принципы управления такими печными системами. Управление процессами, протекающими непосредственно во вращающейся печи сухого способа и в клинкерном холодильнике, практически не отличаются от управления печами мокрого способа и представлены в публикации [1, 2]. Поэтому ниже будут преимущественно изложены способы регулирования степени подготовки материала в циклонных теплообменниках и запечном декарбонизаторе [3, 4]. В связи с тем, что в России до последнего времени в основном применялся мокрый способ производства цемента, то в данной работе преимущественно использован опыт специалистов зарубежных фирм [4...9].

Методология. Для решения поставленной задачи необходимо определить химико-минералогический состав сырьевой смеси, иметь характеристику топлива: элементарный состав горючего вещества, теплоту сгорания, влажность и зольность для твердого топлива. В промышленных условиях производится анализ газа после вращающейся печи и верхнего циклона на объемное содержание O_2 , NO_x , CO , а также температура и разрежение в отдельных точках теплообменника с использованием стандартных

приборов. Состав сырьевой смеси определяется рентгеновскими методами анализа. Технологические расчеты производятся с применением разработанных на кафедре компьютерных программ.

Принцип управления печной системой с декарбонизатором. В настоящее время в цементной промышленности в основном используется приведенный на рисунке способ управления современной печной системой. На схеме (рис. 1) зависимости отдельных технологических параметров от управляющего воздействия показаны пунктирными линиями со стрелками и обозначены числами 1...13. Для квалифицированного управления процессом обжига клинкера необходимо рассмотреть затраты тепла по отдельным технологическим зонам (табл. 1). Вследствие того, что в печную систему поступает сырьевая смесь с влажностью около 1% и экзотермические реакции синтеза C_2S , C_3A и C_4AF в присутствии щелочных примесей протекают при пониженных температурах и в одних агрегатах, то следует при выборе принципа управления учитывать затраты тепла в совмещенных зонах I+II и III+IV. Кроме того, на конечной стадии спекания от 1450 до 1300°C не затрачивается тепло, а вследствие охлаждения клинкера и кристаллизации расплава тепло возвращается, что также следует учитывать при управлении системой.

Приведенные данные свидетельствуют, что самой энергопотребляемой зоной является зона декарбонизации. Поэтому, если в этой зоне обеспечить стабильную подготовку материала

со степенью разложения CaCO_3 около 90%, то практически обеспечится стабильная работа вращающейся печи и всей системы в целом. В этом плане печь сухого способа имеет значительное преимущество, так как позволяет напрямую, минуя вращающуюся печь, подавать в декарбонизатор необходимое количество топлива и, таким образом, обеспечить стабильное состояние материала на входе во вращающуюся печь. Степень декарбонизации $k_{\text{дек}}$ контролируется путем отбора проб и их анализом в лаборатории. Непрерывный текущий контроль ведется по температуре газового потока $t_{\text{дек}}$ за декарбонизатором перед V-ым циклоном и регулируется подачей топлива в декарбонизатор $m_{\text{т}}^{\text{д}}$ (связи 1, 2). Дополнительным контуром управления является поддержание стабильных параметров отходящих газов, в основном $t_{\text{ог}}$, которые регулируются в первую очередь изменением разрежения $-H_{\text{ог}}$ за счет «тяги» дымососа (св. 3) и определяют подготовку материала в циклонном теплообменнике. Стабильность этих параметров может дополнительно поддерживаться незначительным изменением подачи топлива в декарбонизатор $m_{\text{т}}^{\text{д}}$ (св.4). Разрежение $-H_{\text{ог}}$ определяет сопротивление системы, которое может возрас-

тать при образовании настылей и отложений материала в теплообменнике. Концентрация $\text{CO}^{\text{ог}}$ и $\text{O}_2^{\text{ог}}$ в отходящих газах свидетельствует о полноте горения топлива и величине подсосов холодного воздуха в системе. Следует отметить, что согласно проведенных нами испытаний печей на Белорусском и Невьянском заводах [3, 4] подсосы порой достигают 100%, что, естественно, приводит к многочисленным негативным последствиям: перегрузке дымососа, перерасходу электроэнергии, недожогу и повышенному расходу топлива, понижению производительности печи.

Важными контролируемыми параметрами, являются также показатели газового потока в загрузочной камере вращающейся печи. Вместе с параметрами отходящих газов эти показатели определяют распределение топлива и воздуха между двумя областями горения: декарбонизатором и печью, которое должно поддерживаться на уровне соотношений 60% к 40%. Это соотношение регулируется «тягой» конечного дымососа и вентилятора избыточного воздуха, а также шибером на газоходе третичного воздуха и распределением топлива (св.5, 6, 7, 10).

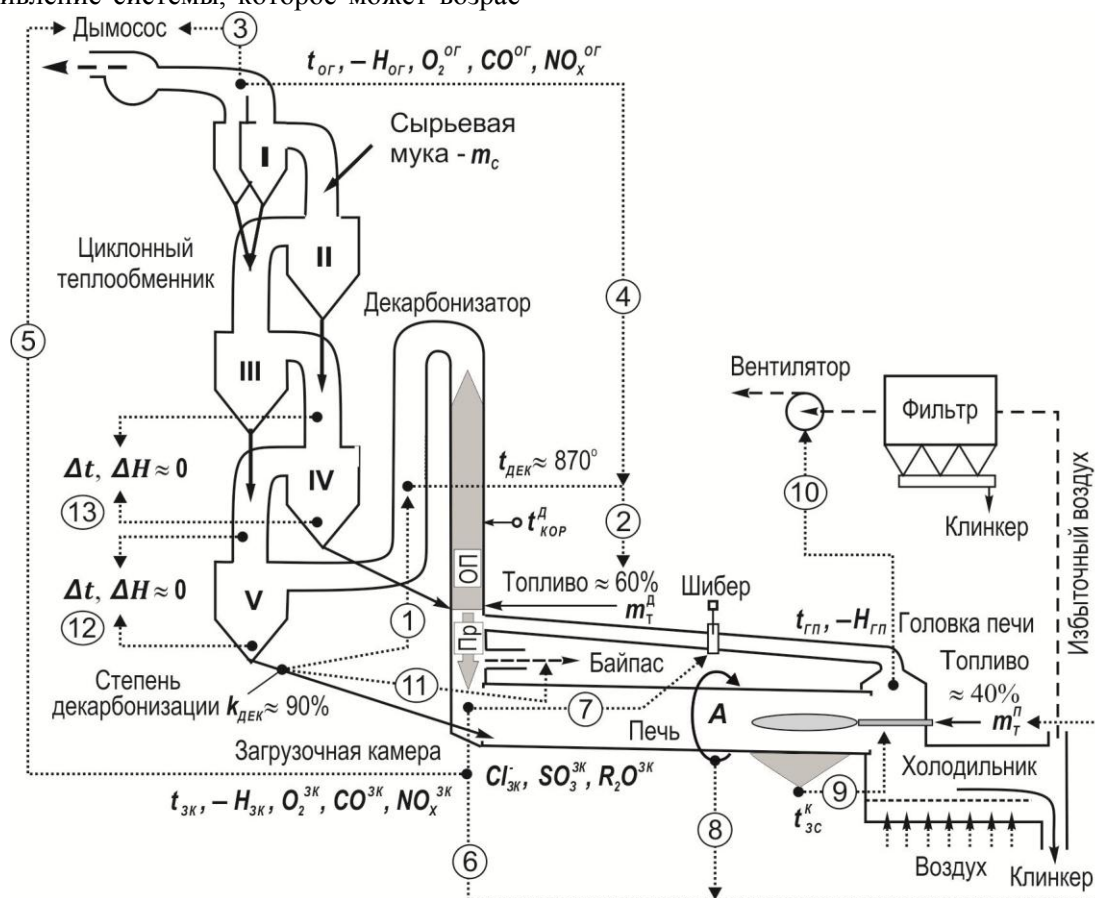


Рис. 1. Принципиальная схема регулирования процесса подготовки материала в запечном теплообменнике: m – расход сырья и топлива, t – температура, $-H$ – разрежение, Δ – перепад параметров, $\text{O}_2, \text{CO}, \text{N}_2$ – содержание соответствующих газов в газовом потоке, $\text{Cl}^-, \text{SO}_3, \text{R}_2\text{O}$ – содержание иона хлора, серного ангидрида и щелочных оксидов в материале на входе во вращающуюся печь, 1...13 – связи контролируемых параметров с управляющим воздействием, ОП – основной поток материала в декарбонизаторе, Пр – возможный провал материала

Таблица 1

Температурные границы и расход тепла в отдельных технологических зонах

Наименование зон	I+II – сушки и подогрева	III+IV – декарбонизации и экзотермических реакций	2/3 V – спекания	1/3 V+VI – спекания и охлаждения
Положение в печной системе	теплообменник	Декарбонизатор + печь	печь	Печь + + холодильник
Температурный интервал, °С	30...800	800...1300	1300...1450	1450...100
Затраты тепла, кДж/кг кл.	1400	2200	300	возврат+1200

По величине $NO_{x^{ж}}$ определяется температура горения топлива и, следовательно, косвенно температура клинкера, дополнительно степень спекания клинкера контролируется по нагрузке на приводе *A* (св.6, 8). Интенсивность горения и длина факела в печи контролируется по температуре корпуса в зоне спекания $t_{зс}^k$ и дополнительно по $t_{зк}$ и регулируется положением и управляющими рычагами горелки (св.6, 9).

Возможные технологические нарушения и способы их предупреждения. Наиболее распространенными нарушениями в печных системах сухого способа являются образование настывей в нижней части теплообменника, декарбонизатора и загрузочной части печи. Эти отложения возникают вследствие появления в области 800...900°С щелоче-, хлор-, серосодержащих расплавов. Поэтому, чтобы предотвратить эти нарушения, предусматривается отбор части газов из загрузочной камеры печи с выводом нежелательных примесей из системы. Контроль и необходимый объем отсасываемого газа через байпас осуществляется по содержанию этих примесей в поступающем в печь материале из нижнего циклона, которое должно быть на уровне 1...2 % и уточняется по опыту работы конкретного предприятия (св.11).

Заращение газопроводов и декарбонизатора контролируется по температуре корпуса $t_{кор}^d$ и непосредственным периодическим измерением через специальные отверстия, а нижней части IV и V циклонов определяется по перепаду разрежения и температуры в этих циклонах (св.12, 13).

Другим возможным нарушением может быть провалы материала навстречу газовому потоку в различных участках теплообменника или декарбонизатора, которые возникают вследствие недостаточного распыления потока материала из-под циклонов раскателями в загрузочных коробах или из-за низкой скорости восходящего газового потока. Приведенный на рисунке пример по провалу материала из декарбонизатора в печь (Пр) приводит к тому, что возрастает степень мнимой декарбонизации материала на входе в печь $k_{дек}$, но, в то же время, наблюдается снижение температуры материала в печи, что отражается уменьшением температуры газа в загрузочной камере $t_{зк}$ и нагрузки на

приводе печи *A* с последующим выпуском недожженного клинкера.

Вывод

Приведенный принцип регулирования печной системой сухого способа обжига цементного клинкера, основанный на реализации представленных зависимостей между контролируемыми параметрами и управляющим воздействием, позволяет практически полностью автоматизировать сложный технологический передел производства цемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В.К. Основные принципы и способы управления цементной вращающейся печью // Цемент и его применение. 2004. №2. С. 39–42.
2. Классен В.К. Основы управления процессом обжига цементного клинкера при мокром и сухом способах производства // V научные чтения по цементу «Современный цементный завод. Эксплуатация». «ALITINFORM», М. 2008. С.42–45
3. Классен В.К., Коновалов В.М., Перескок С.А., Классен А.Н. Оптимизация режима работы печи 4,5×80 м сухого способа производства цемента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2003. №5. С. 131–134.
4. Классен В.К. Оптимизация режима работы вращающейся печи 4,5×80 м с циклонными теплообменниками и реактором-декарбонизатором // Отчет о научно-исследовательской работе №51/04, г. Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005 г. 72 с.
5. Gernot Jäger. SIMULEX® A Virtual Cement Production Line // 7th international KHD Humboldt Wedag Symposium 2006. 35 с.
6. Щеголяев Е.В. Технология обжига для производственных линий сухого и полусухого способов. // Международный цементный форум, г. Ганновер, KHD Humboldt Wedag. 2007. 36 с.
7. Сухой способ производства цемента // KHD Humboldt Wedag. 2007. 56 с.
8. ECS/CEMulator – SLC – D Kiln //FLS Automation Rev. Noy. 2002. 2 S.
9. ECS/CEMulator – the most realistic environment for operator training in cement industry //FLS Automation Rev. May. 2003. 2 S.

Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТОЙ НАСОСОВ И НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

trubaev@gmail.com

Предлагаются методы автоматизированного проведения расчётов режимов работы и регулирования насосов и насосных установок при их работе в гидравлической сети. В отличие от известных методов, характеристики насосов представляются не в виде аппроксимирующих уравнений, а в табличном виде. Решение системы уравнений, включающей уравнения напорных характеристик сети и насоса, производится численными методами. Суммирование характеристик при последовательной или параллельной насосов, также производится численными методами, в результате которого получается новая табличная зависимость для установки (новый объект). Применение объектно-ориентированного подхода для реализации алгоритмов расчёта позволило создать универсальные методы, позволяющие рассчитывать как работу отдельных насосов, так и установок из нескольких разнотипных последовательных или параллельных насосов (насосных станций), работающих с разными частотами вращения и с разной степенью закрытия регулирующих задвижек.

Ключевые слова: нагнетатели, насосы, регулирование, энергосбережение, автоматизация.

Введение

Насосные установки, представляющие собой один или несколько насосов, совместно работающие на общую гидравлическую сеть, в России ежегодно расходуют около 200 млрд. кВт·ч электроэнергии, т. е. примерно 20% всей электроэнергии, вырабатываемой энергосистемами страны [1, 2]. К сожалению, большинство насосных установок работает не самым экономичным образом. По данным работ [1, 3] из-за неправильного выбора и регулирования насосных установок перерасход электроэнергии в них составляет 10–25%.

Одним из важных характеристик работы динамических нагнетателей, к которым относятся насосы, вентиляторы и компрессоры, является то, что расход среды в сети (подача насосов, производительность вентиляторов и компрессоров) определяется напорными характеристиками сети и нагнетателя (рабочей точкой). При необходимости работы с переменным расходом его изменение (регулирование нагнетателя) возможно только путем изменения одной из этих характеристик так, чтобы рабочая точка соответствовала нужному расходу. Используются два основных способа регулирования (рис. 1):

а) дросселирование, то есть изменение напорной характеристики сети путем ввода дополнительного сопротивления при закрытии вентиля или задвижки;

б) частотное регулирование, то есть изменение напорной характеристики нагнетателя.

Дросселирование наиболее просто технически, но характеризуется повышенными затратами электроэнергии. Изменение частоты вращения, наоборот, требует значительных капитальных затрат, но затраты на перекачку среды в этом случае минимальны.

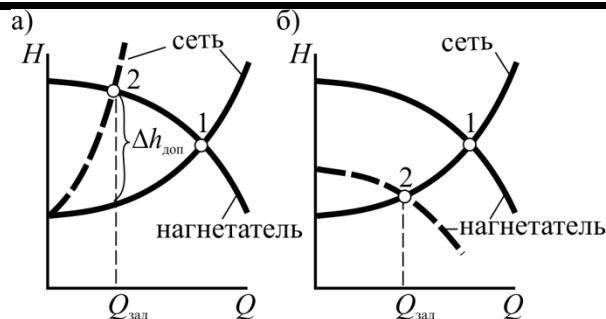


Рис. 1. Дроссельное (а) и частотное (б) регулирование насосов:

Q – расход (подача); H – давление (напор); 1 – рабочая точка без регулирования; 2 – рабочая точка при регулировании; $Q_{\text{зад}}$ – необходимая подача при регулировании; $\Delta h_{\text{доп}}$ – сопротивление регулирующей задвижки

Таким образом при автоматизации управления насосами и насосными станциями необходимо решать следующие задачи:

- нахождение рабочей точки (пересечения напорной характеристики сети и насоса или насосной установки);
- пересчёт характеристик при изменении частоты вращения;
- суммирование характеристик при последовательной и параллельной работе насосов, в том числе с учётом работы насосов в распределённой сети и изменении их частоты вращения;
- выбор наиболее экономичного способа регулирования насоса или насосной станции на заданную подачу, что является одним из основных путей энергосбережения при эксплуатации насосов [1, 4, 5].

Существующие методы расчёта работы насосов в сети [6–9] основаны на графических построениях. Обработка паспортных характеристик промышленных насосов и вентиляторов показала, что их напорные характеристики (за-

висимость напора от подачи) в общем случае не могут быть описаны полиномами высоких степеней. Напорная характеристика гидравлической сети (зависимость её сопротивления от подачи), в связи с изменением коэффициента гидравлического трения, также не может быть точно описана полиномом или уравнением другого вида. Таким образом решение перечисленных выше задач на основе совместного решения системы аппроксимирующих уравнений для насоса и сети не обладает точностью, требуемой для задач управления. Поэтому в задачах автоматизации и управления применение этих методов становится затруднительно, особенно при совместной работе нескольких насосов, когда минимум энергозатрат может обеспечиваться при различных режимах работы и регулирования каждого из них.

Основные отличия работы

В работе поставлена задача создания методов для автоматизированного проведения расчетов работы и регулирования нагнетателей при их работе в гидравлической сети, что необходимо необходимо при решении задач автоматизации и управления насосным оборудованием с целью снижения затрат энергии при их эксплуатации.

Для этого создано алгоритмическое обеспечение для решения следующих задач:

- создание базы данных насосов, содержащей их напорные характеристики, характеристики мощности и КПД, конструктивные размеры;
- пересчет характеристик при изменении частоты вращения;
- суммирование характеристик при последовательной и параллельной работе насосов, в том числе с учетом работы насосов в распределенной сети и изменении их частоты вращения;

– нахождение рабочей точки (пересечения напорной характеристики сети и насоса или насосной установки);

– выбор наиболее экономичного способа регулирования насоса или насосной станции на заданную подачу.

Отличие работы от имеющихся заключается в следующем,

– методика расчетов основана на объектно-ориентированном подходе. Методы расчета в качестве данных используют классы (обобщенное описание насоса и сети), а не конкретные физические объекты. Это позволило создать универсальные методы, позволяющие рассчитывать как работу отдельных насосов, так и установок из нескольких разнотипных последовательных или параллельных насосов (насосных станций), работающих с разными частотами вращения и с разной степенью закрытия регулирующих задвижек;

– в расчетах характеристики насосов представляются не виде аппроксимирующих уравнений, а в табличном виде (в форме массивов), дискретизация данных производится интерполяцией с помощью полиномов Лагранжа и линейной экстраполяцией. Решение системы уравнений, включающей уравнения напорных характеристик сети и насоса, производится численными методами. Суммирование характеристик при последовательной или параллельной работе насосов также производится численными методами, в результате которого получается новая табличная зависимость для установки (новый объект).

Описание насоса

Насосы представляются в виде объектов на основе класса *TPump* (рис. 2).

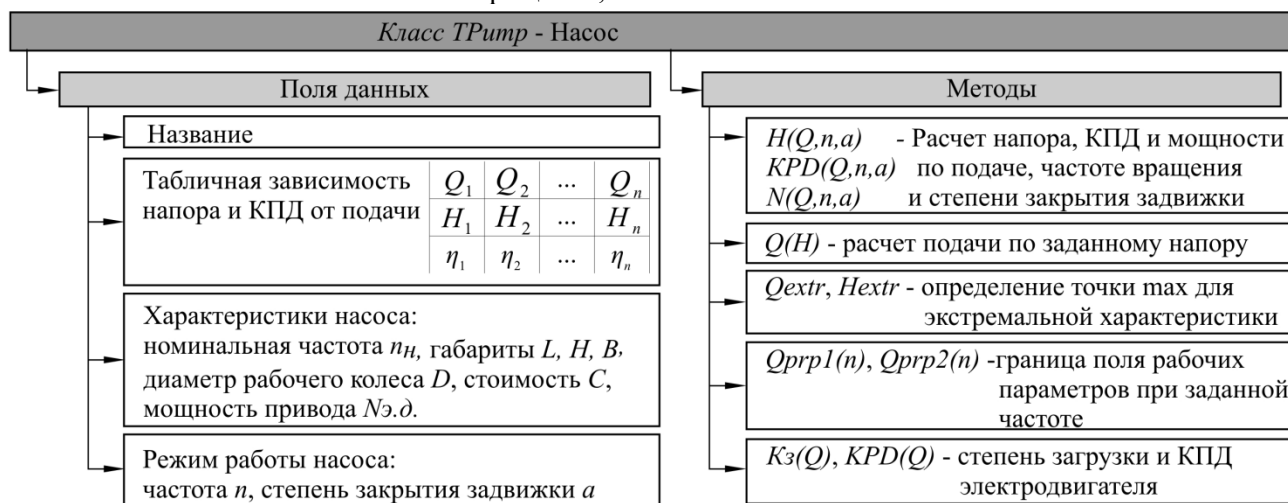


Рис. 2. Описание насоса

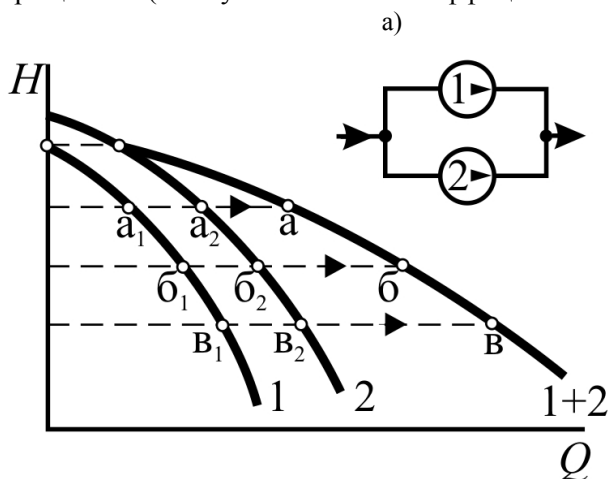
Поля класса включают массив табличных характеристик насоса, его размеры, частоту ра-

боты, стоимость. Методы класса включают функции $H(Q)$, $N(Q)$, $KPD(Q)$ для расчета соот-

ветственно напора, мощности и КПД по подаче, выполняемого интерполяционным полиномом Лагранжа и линейной экстраполяцией. По характеристике КПД определяется поле рабочих параметров (рабочая часть) насоса, ограничиваемая значениями КПД, равными максимальному значению минус 7%. Класс также содержит метод $Q(H)$ для расчета подачи при заданном напоре H , выполняемом численным решением уравнения $H(Q) = H$. При расчете напора учитывается сопротивление регулировочного вентиля, зависящее от степени его закрытия, и текущая частота работы насоса.

Мощность определяется с учетом КПД электродвигателя, оцениваемого по его степени загрузки.

Для насоса может быть изменена частота вращения (это учитывается коэффициентами



пересчёта подачи k_Q и напора k_H) и степень закрытия задвижки, учитываемая составляющей H' . Коэффициент сопротивления задвижки ξ в зависимости от степени ее закрытия a определяется по эмпирическому уравнению

Алгоритмы суммирования характеристик при последовательной и параллельной работе насосов

Для суммирования характеристик насосов (рис. 3) определяется интервал суммирования по напору или подаче (соответственно при параллельной или последовательной работе), общий для обоих насосов. Интервал равномерно разбивается на 20 точек, в каждой точке суммируется подача или напор, результаты помещаются в новый объект класса *TPump*.

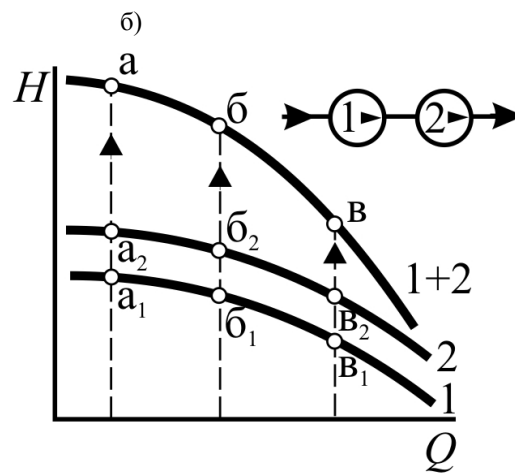


Рис. 3. Расчет суммарной характеристики насосов при их параллельном (а) и последовательном (б) соединении

Алгоритм суммирования представлен на рис. 4.

Разработанный способ позволяет суммировать характеристики насосов разного типа и насосов, характеристики которых изменены при регулировании. Это позволяет рассчитывать режим работы установок из двух или более параллельных или последовательных насосов в сети, где для каждого насоса может быть задана свои частота вращения и степень закрытия задвижки.

Разработка алгоритмов нахождения рабочей точки

Водопроводная сеть описывается классом *TNet* (рис. 5). Сеть может быть задана как своими геометрическими характеристиками (длина, диаметр и материал труб, высота подъема, набор местных сопротивлений), так и в виде упрощенного квадратичного уравнения.

Местные сопротивления описываются классом *TSopt* (рис. 6). Для них может быть задан как коэффициент сопротивления, так и табличная зависимость коэффициента от скорости среды. Местные сопротивления могут быть добав-

лены в сеть в любом количестве и удалены из неё. Режим работы насоса в сети (рис. 7) определяется численным решением уравнения $H_c(Q) = H(Q)$. Расчет построен на использовании двух классов – *TPump* и *TNet* (причем в качестве насоса может выступать любой объект класса *TPump*, в том числе, и результат суммирования двух или более насосов при их параллельной или последовательной работе).

Численное нахождение подачи, при которой напор насоса будет равен сопротивлению сети проводится методом пошагового приближения с уменьшением шага и изменением направления движения при прохождении решения.

Выбор наиболее экономичного способа регулирования насосной установки

Предлагаемый подход позволил создать универсальные методы расчётов, позволяющие решать задачи выбора оптимального диаметра трубопроводов, выбора насосов, исследования работы насосов и насосных установок в сети, выбора наиболее экономичного способа регулирования.

Рассмотрим работу насосной станции холодной воды АО «Белгородский цемент», на которой установлены три насоса 4НДВ (Д-200-36) 1984 г. выпуска. Насосная станция работает с переменной подачей воды, максимальный расход составляет 600 м³/ч. Регулирование насосной станции дроссельное. В табл. 1 приведено

сравнение потребляемой мощности при существующем режиме работы и при оснащении насосов электродвигателей с частотными электроприводами, позволяющими плавно регулировать частоту вращения (результаты получены расчётом в программе на основе предложенных методов).

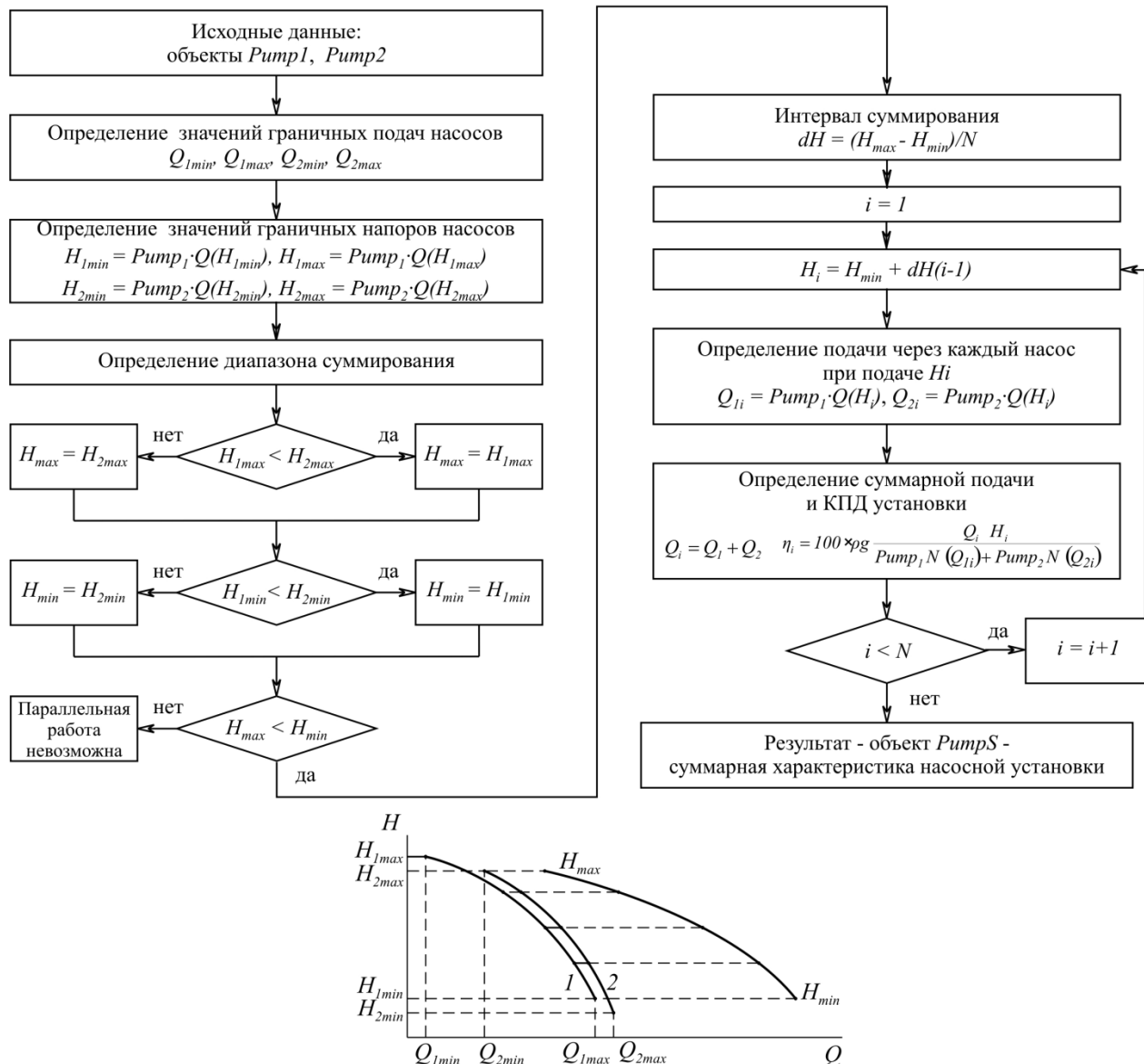


Рис. 4. Численный метод определения напорной характеристики

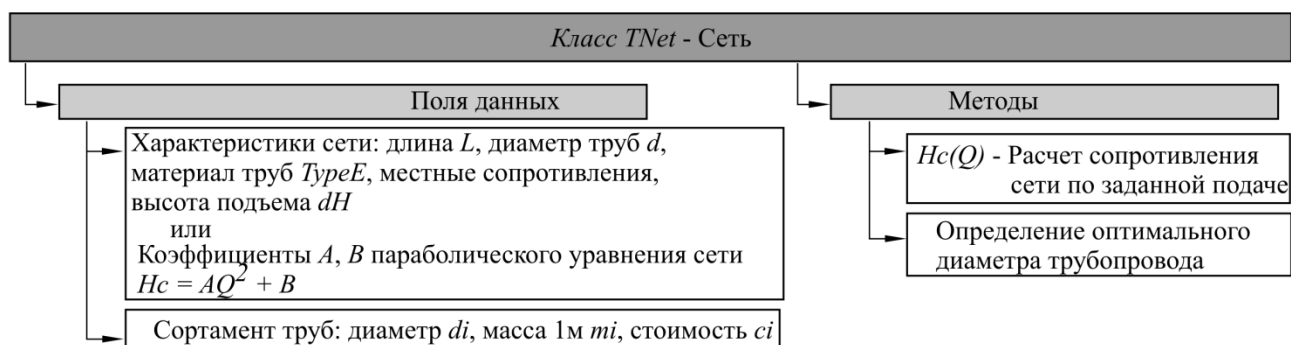


Рис. 5. Описание водопроводной сети

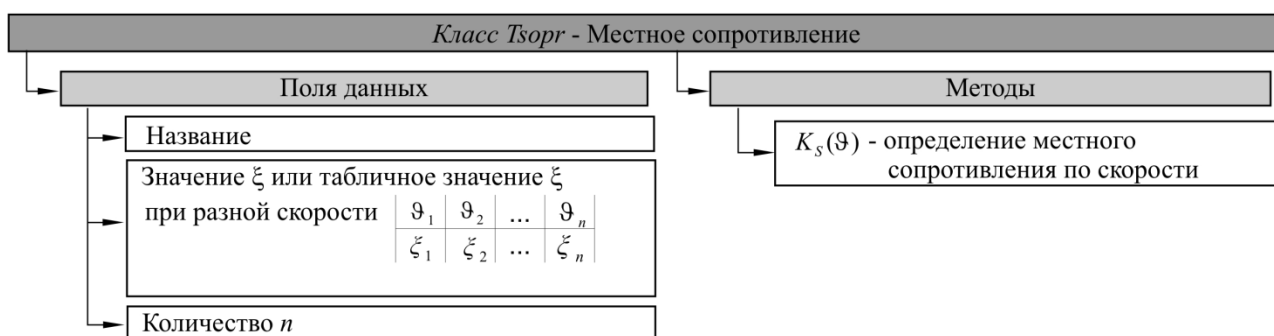


Рис. 6. Описание местного сопротивления

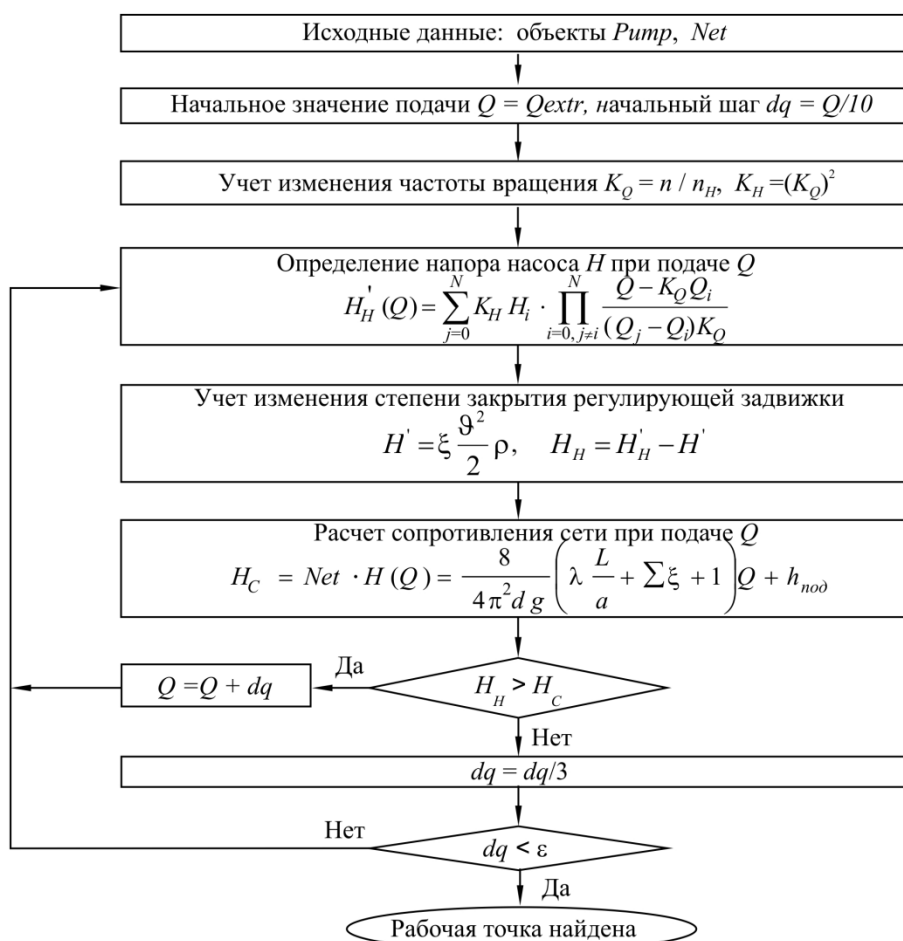


Рис. 7. Численный расчет рабочей точки (режима работы насоса в сети)

Таблица 1

Энергопотребление насосной станции

Время работы	Подача, м ³ /ч	Режим работы при дроссельном регулировании (существующий)			Режим работы при частотном регулировании (оптимальный)		
		Потребляемые работа и мощность		Удельная мощность	Потребляемые работа и мощность		Удельная мощность
		кВт·ч	кВт	кВт/м ³	кВт·ч	кВт	кВт/м ³
0 ⁰⁰ – 4 ⁰⁰	375 (63% от max)	250,0	62,5	0,167	160,6	40,15	0,107
4 ⁰⁰ – 8 ⁰⁰	425 (71% от max)	267,3	66,8	0,157	187,2	46,8	0,110
8 ⁰⁰ – 12 ⁰⁰	525 (88% от max)	276,1	69,0	0,131	244,6	61,15	0,116
12 ⁰⁰ – 16 ⁰⁰	600	300,5	75,1	0,125	300,5	75,125	0,125
16 ⁰⁰ – 20 ⁰⁰	450 (75% от max)	264,9	66,2	0,147	201,2	50,3	0,112
20 ⁰⁰ – 24 ⁰⁰	375 (63% от max)	250,0	62,5	0,167	160,6	40,15	0,107
Всего за сутки		1608,8	–	–	1254,7	–	–

Как видно, перерасход электроэнергии в сутки при неоптимальном регулировании составляет 354,1 кВт·ч, или 129,2 тыс. кВт·ч в год (или 22% от потребления).

Выводы. Разработанные методы позволили создать универсальные методы расчётов, особенностью которых является применение объектно-ориентированного подхода и использование численных методов для определения рабочей точки и получения суммарной характеристики насосов при их параллельной и последовательной работе, что позволяет оценивать режимы и энергопотребление при различных способах регулирования насосов и насосных станций, производить подбор насосов, оценивать возможный диапазон регулирования. Это позволяет их использовать в задачах управления регулированием промышленного оборудования для оценки экономичности работы насосов, а также в проектных организациях при проектировании насосных станций и водопроводных сетей и в учебном процессе для изучения принципов работы насосов в сети и их регулирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лезнов Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках. М.: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.
2. Троицкий А. А. Энергоэффективность как фактор влияния на экономику, бизнес, организацию энергосбережения // Электрические станции. Энергопрогресс. 2005. № 1. С. 11–16.
3. Куцев Л.А., Дронова Г.Л. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С. 24–25.
4. Козлов М., Чистяков А. Эффективность внедрения систем с частотно-регулируемыми приводами // Современные технологии автоматизации. 2001. № 1. С. 76–78.
5. Козлов А. Эффективность применения частотно-регулируемого электропривода на канализационных насосных станциях // Современные технологии автоматизации. 2005, № 3. С. 82–85.
6. Тепловые и атомные электростанции: Справочник / Под общ. ред. А. В. Клименко и В. М. Зорина. 3-е изд., перераб. и дополн. М.: Изд-во МЭИ, 2003. 648 с. (серия «Теплоэнергетика и теплотехника»).
7. Lobanoff M. S., Ross R. R. Centrifugal Pumps: Design & Application. – 2nd ed. – Wildwood (USA): Butterworth-Heinemann, 1992. – 577 p.
8. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.
9. Один из вариантов математической модели управления приводом модифицированной системы отопления зданий и сооружений / Федоров С.С., Кобелев Н.С., Тютюнов Д.Н. и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 25–27.

Рубанов В.Г., д-р техн. наук, проф.,
Кижук А.С., канд. техн. наук, проф.,
Гольцов Ю.А., магистрант,
Кариков Е.Б., ведущий инженер ЦВТ

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АППРОКСИМАЦИИ ДРОБНОГО ИНТЕГРОДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ С ОЦЕНКОЙ ОШИБКИ

umin@mail.ru

Статья посвящена решению задачи разработки численного алгоритма вычисления дробных интегро-дифференциальных преобразований. Изложена методика выбора параметров алгоритма для достижения заданной точности преобразования. Полученные результаты продемонстрированы на примере вычисления полупроизводной гармонической функции.

Ключевые слова: Математическая модель, дробная производная, теплотехнический объект, теория управления, преобразование Фурье, численные методы, интегродифференциал, аппроксимация, MathCAD, погрешность

1. Введение

Построение математических моделей процессов, параметры которых изменяются одновременно во времени и в пространстве обычно опирается на дифференциальные уравнения в частных производных. Однако использование таких моделей при проектировании систем автоматического управления сопряжено с неудобствами, связанными с отсутствием формального аппарата синтеза систем в рамках такого описания, что заставляет прибегать к классическим моделям уравнений в полных производных, су-

$$a_n \frac{d^{\alpha_n} x}{dt^{\alpha_n}} + a_{n-1} \frac{d^{\alpha_{n-1}} x}{dt^{\alpha_{n-1}}} + \dots + a_0 \frac{d^{\alpha_0} x}{dt^{\alpha_0}} = \\ = b_m \frac{d^{\beta_m} u}{dt^{\beta_m}} + b_{m-1} \frac{d^{\beta_{m-1}} u}{dt^{\beta_{m-1}}} + \dots + b_0 \frac{d^{\beta_0} u}{dt^{\beta_0}},$$

где α_i и β_k – рациональные дроби, наиболее часто кратные $\frac{1}{2}$.

Идея дробной производной труднообъяснима с точки зрения ее геометрической или физической интерпретации. Однако в современной теории управления дробные производные и дробные интегралы находят все более широкое применение в случае управления объектами и технологическими процессами, имеющими тепловую природу [3] или в случае описания особых систем автоматизации, в структуре которых используются микроконтроллеры, реализующие законы управления дробного порядка [4,5]. Особенность программно-алгоритмической реализации дробной производной заключается в необходимости запоминания временных отсчетов сигнала на всем интервале развития динамического процесса, хотя существуют предложения в ряде источников по способам аппроксимации дробной производной, ограничивающимся конечным числом отсчетов, что вполне оправдано, если к тому же учитывать свойство «старения» информации во времени [6].

2. Математический аппарат для получения алгоритма дробного интегродифференцирования

Вычисление производных дробного порядка непрерывной функции $f(t)$ может быть осно-

вательно снижая при этом адекватность модели. Перспективным инструментом при этом является использование математического аппарата, где формализация модели опирается на производные дробного порядка [1], передающие одновременно свойства веществ в пространстве и свойства «памяти», а также более близко отражающие поведение процесса или объекта с распределенными параметрами, описанного дифференциальными уравнениями в частных производных [2]. Тогда дифференциальное уравнение движения представляется в форме:

$$D^{\frac{1}{2}} f(t) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{d}{dt} \int_0^t \frac{f(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau. \quad (1)$$

В свою очередь дробная производная $D^{\frac{1}{2}} f(t)$ (1) может быть определена через полную производную от функции, получаемой в результате полуинтегрирования, т.е.

$$D^{\frac{1}{2}} f(t) = D \left\{ I^{\frac{1}{2}} f(t) \right\} = D \left\{ I^{\frac{1}{2}} f(t) \right\},$$

где $I^{\frac{1}{2}}$ – оператор полуинтегрирования, применение которого на основе численного интегрирования состоит в выполнении следующей операции:

$$I^{\frac{1}{2}} f(t) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^t \frac{f(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau. \quad (2)$$

При переходе от непрерывной функции $f(t)$ к решетчатой функции $f[kT]$ с периодом квантования T и применении численного интегрирования методом прямоугольников получим:

$$I^{\frac{1}{2}} f[kT] = \frac{T}{\sqrt{\pi}} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{f[iT]}{\sqrt{(k-i)T}}. \quad (3)$$

Если перейти к нормированному периоду квантования и ввести шаг аппроксимации h , равный $(k-i)$, то для дробной производной порядка α можно записать [8]:

$$D_{[a,h]}^{\alpha} f[k] = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\Delta_{[a,h]}^{\alpha} f[k]}{h^{\alpha}}, \quad (4)$$

где a – нижний предел, с которого начинается учет отсчетов функции $f[k]$.

Как видно (4), с течением времени количество сохраненных отсчетов возрастает, что приводит к увеличению затрат памяти и машинного времени. Однако значимость отсчетов, близких к нижнему пределу a , в силу «старения» информации, которое имеет место в системах автоматического управления, становится не «актуальным», поэтому часть их может быть отброшена, что повлечет за собой некоторую погрешность [9]. Выбор интервала L «короткой памяти» определяет величину этой погрешности. Его значение можно рассчитать, исходя из свойств рассматриваемой функции $f[n]$. Если существует некоторое значение M , при котором $f[n] < M$ на всем промежутке наблюдения, то на интервале L будет обеспечиваться некоторая погрешность $\Delta[k]$, получаемая как разность между дробными производными порядка α , вычисленными для каждого интервала, т.е.

$$\Delta[k] = |D_t^\alpha f[k]| \leq \frac{ML^\alpha}{|\Gamma(1-\alpha)|}, \quad (5)$$

где Γ – гамма-функция.

Тогда выражение (5) можно использовать для задания интервала памяти L , обеспечивающего заданную точность ε , меньшую $\Delta[k]$ [10], т.е.

$$L \leq \left\{ \frac{M}{\varepsilon |\Gamma(1-\alpha)|} \right\}^{1/\alpha}. \quad (6)$$

Это существенно снизит затраты памяти при выполнении заданной точности.

$$\omega(a, k) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \int_0^{2 \cdot \pi} (1 - e^{-j \cdot \varphi})^a \cdot e^{j \cdot k \cdot \varphi} d\varphi$$

$$\omega(1, 1) = -1$$

$$w(k) := \omega(-0.5, k)$$

$$\Delta(n) := \begin{array}{l} i \leftarrow 0 \\ n \leftarrow n - 1 \\ \text{while } i \leq n \\ \quad j \leftarrow n \\ \quad \text{while } \neg(j = 0) \\ \quad \quad N_{i,j} \leftarrow N_{i-1,j-1} \text{ if } j \leq i \\ \quad \quad N_{i,j} \leftarrow 0 \text{ otherwise} \\ \quad \quad j \leftarrow j - 1 \\ \quad N_{i,0} \leftarrow \text{Re}(w(i)) \\ \quad i \leftarrow i + 1 \end{array}$$

$$f(t) := \sin(t) \cdot \ln(t)$$

$$\text{test}(a, b, N) := \frac{1}{\left(\frac{b-a}{N}\right)^{-0.5}} \cdot \Delta(N) \cdot \text{getValues}(f, N, a, b)$$

$$\text{test}(25, 100, 1000)_{999} = -4.307$$

$$\text{result} := \text{test}(1, 100, 1250)_{1249} = -4.536$$

3. Реализация численного алгоритма в среде Mathcad

Задавая фиксированный шаг h аппроксимации функции $f(t)$ решетчатой функцией $f[k]$, можно воспользоваться для расчета дробной производной выражением (4) в форме [11]:

$$D_{t_k}^\alpha f[t] \cong \frac{\Delta^\alpha f[k]}{h^\alpha} = h^{-\alpha} \sum_{j=0}^k a_j f[k-j], \quad (7)$$

где a_j – коэффициенты разложения Фурье решетчатой функции $\Delta^\alpha f[k]$, определяемые как $(-1)^j \binom{\alpha}{j}$. В матричном виде выражение (7) будет:

$$\begin{bmatrix} h^{-\alpha} \Delta^\alpha f(t_0) \\ h^{-\alpha} \Delta^\alpha f(t_1) \\ \vdots \\ h^{-\alpha} \Delta^\alpha f(t_{N-1}) \\ h^{-\alpha} \Delta^\alpha f(t_N) \end{bmatrix} = \frac{1}{h^{-\alpha}} \begin{bmatrix} a_0^{-\alpha} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_1^{-\alpha} & a_0^{-\alpha} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 & 0 \\ a_{N-1}^{-\alpha} & a_{N-2}^{-\alpha} & \dots & a_0^{-\alpha} & 0 \\ a_N^{-\alpha} & a_{N-1}^{-\alpha} & \dots & a_1^{-\alpha} & a_0^{-\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f[0] \\ f[1] \\ \vdots \\ f[k] \end{bmatrix}.$$

С использованием рассмотренных математических выражений в среде Mathcad получена математическая реализация на примере аппроксимации дискретного интегродифференциала [12], представленного в виде конечной разности и вычисления биномиальных коэффициентов с использованием преобразования Фурье для периодической функции вида $f(t) = \sin(t) \ln(t)$:

$$\text{getValues}(f, n, a, b) := \begin{array}{l} h \leftarrow \frac{b-a}{n} \\ k \leftarrow a \\ i \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ \quad M_{i,0} \leftarrow f(k) \\ \quad k \leftarrow k + h \\ M \end{array}$$

$$\begin{aligned} \min_L(M, \varepsilon, \alpha) &:= \left(\frac{M}{\varepsilon \cdot |\Gamma(1-\alpha)|} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \\ \alpha &:= 0.5 \\ \min_L(M, 0.1, \alpha) &= 655.005 \end{aligned}$$

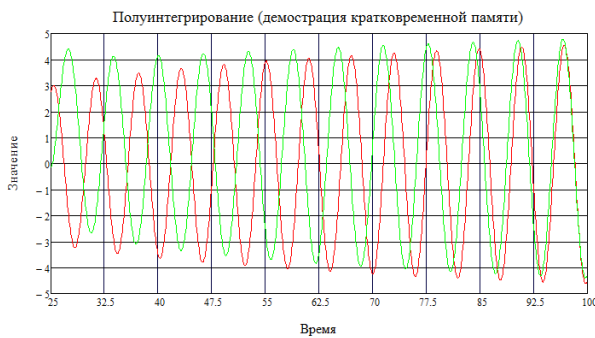


Рис. 1. Графические результаты вычислений:

- график полупроизводной для 1000 расчетных точек,
- график полупроизводной для 1250 расчетных точек

Представленный график показывает, что с течением времени расхождение между значениями интегралов с разными нижними пределами сходится с увеличением длительности интервала.

Проверим адекватность используемого алгоритма на примере гармонической функции следующего вида:

$$f(x) = \cos(x)^2 + \sin(x).$$

Определим производную дробной степени, используя соотношение:

$$\omega(a, k) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_0^{2 \cdot \pi} (1 - e^{-j \cdot \varphi})^a \cdot e^{j \cdot k \cdot \varphi} d\varphi$$

$$\omega(1, 1) = -1$$

$$w(k) := \omega(0.5, k)$$

$$\Delta(n) := \begin{array}{|l} i \leftarrow 0 \\ n \leftarrow n - 1 \\ \text{while } i \leq n \\ \quad \begin{array}{|l} j \leftarrow n \\ \text{while } \neg(j = 0) \\ \quad \begin{array}{|l} N_{i,j} \leftarrow N_{i-1,j-1} \text{ if } j \leq i \\ N_{i,j} \leftarrow 0 \text{ otherwise} \\ j \leftarrow j - 1 \end{array} \\ N_{i,0} \leftarrow \text{Re}(w(i)) \\ i \leftarrow i + 1 \end{array} \\ n \end{array}$$

$$\text{coefs}(N) := \text{fill}(w_test(N - 1, 0.5)^T)$$

$$f(t) := \sin(t) + (\cos(t))^2$$

$$\text{test}(a, b, N) := \frac{1}{\left(\frac{b-a}{N}\right)^{0.5}} \cdot \text{coefs}(N) \cdot \text{getValues}(f, N, a, b)$$

$$g(t) := \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sin\left(2 \cdot t + \frac{3\pi}{4}\right) + \sin\left(t + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$M := \text{getValues}(g, 1000, -10, 10)$$

$$\frac{d^n}{dx^n} \sin(ax + b) = a^n \sin\left(ax + b + \frac{\pi n}{2}\right),$$

при $n=1/2$

$$\frac{d^{1/2}}{dx^{1/2}} \sin(ax + b) = a^{1/2} \sin\left(ax + b + \frac{\pi}{4}\right).$$

Используя формулу приведения

$$\cos(2x) = 2\cos^2(x) - 1,$$

получим окончательное решение:

$$\frac{d^{\frac{1}{2}}}{dx^{\frac{1}{2}}} (\cos^2(x) + \sin(x)) =$$

$$= \frac{d^{\frac{1}{2}}}{dx^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{\cos(2x) + 1}{2} + \sin(x) \right) =$$

$$= \frac{d^{\frac{1}{2}}}{dx^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{\sin\left(2x + \frac{\pi}{2}\right) + 1}{2} + \sin(x) \right) =$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \sin\left(2x + \frac{3\pi}{4}\right) + \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right).$$

Математическая реализация приведенных вычислений представлена в среде Mathcad.

$$w_test(j, a) := \begin{array}{|l} T_{0,0} \leftarrow 1 \\ \text{for } k \in 1..j \\ \quad T_{0,k} \leftarrow \left(1 - \frac{1+a}{k}\right) \cdot T_{0,k-1} \\ T \end{array}$$

$$\text{fill}(M) := \begin{array}{|l} \text{for } i \in 0.. \text{rows}(M) - 1 \\ \quad \begin{array}{|l} \text{for } j \in 0..i \\ \quad \begin{array}{|l} N_{i,j} \leftarrow M_{i-j} \\ N_{i,i} \leftarrow 1 \end{array} \end{array} \\ N \end{array}$$

$$\text{getValues}(f, n, a, b) := \begin{array}{|l} h \leftarrow \frac{b-a}{n} \\ k \leftarrow a \\ i \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..n-1 \\ \quad \begin{array}{|l} M_{i,0} \leftarrow f(k) \\ k \leftarrow k + h \end{array} \\ M \end{array}$$

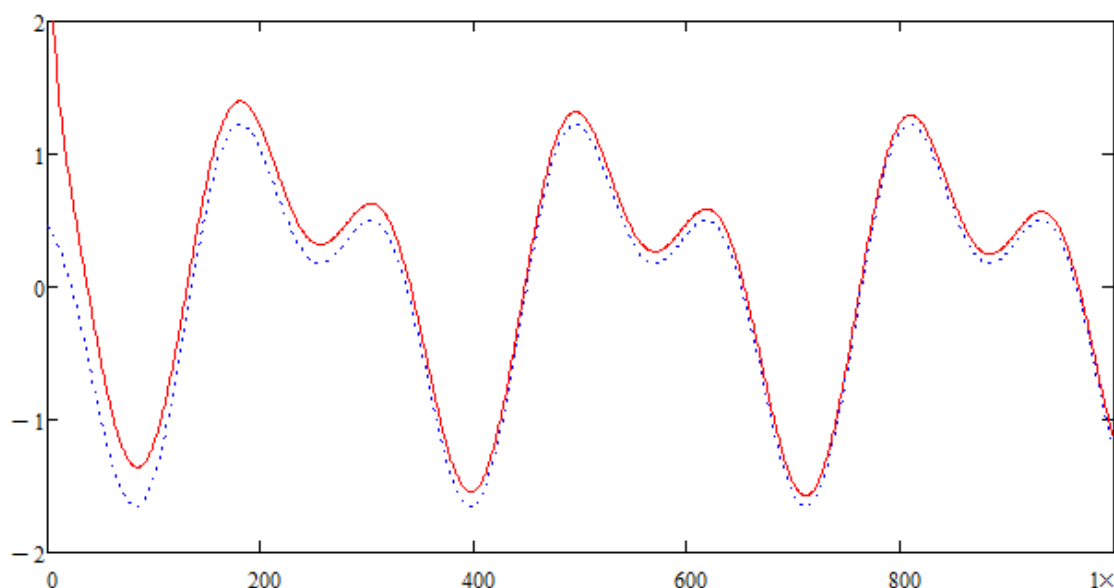


Рис. 2. Графические результаты вычислений:

..... график полупроизводной,
 — график аппроксимации, полученный в соответствии с рассмотренным алгоритмом

Сравнение графика аппроксимации полученной функции с графиком полупроизводной, полученной аналитически, показывает достоверность расчетов и адекватность алгоритма.

Заключение

С использованием аппроксимации дробного интегриродифференцирования реализован алгоритм расчета дробных производной и интеграла, произведена оценка ошибки, возникающей в результате использования принципа «кратковременной памяти», что позволило ограничить объем памяти, необходимой для вычисления преобразований.

Проверена точность вычислений на примере полудифференцирования тригонометрических выражений. Для периодических функции использование рассмотренного алгоритма аппроксимации позволяет получить результирующее преобразование с заданной точностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мишунин В.В. Устройство управления тепловым объектом с использованием закона управления дробного типа // Изв. вузов. Приборостроение, 2003. №11. С.30–34.
2. Мишунин В.В., Рубанов В.Г. Системы автоматического управления и контроля с дробно-иррациональными передаточными функциями: монография. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2004. 255 с.
3. Порхало В.А. Автоматизация печи обжига клинкера на основе каскадной и многосвязной систем управления // Вестник белгородского

государственного технологического университета им.В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 69–72.

4. Chen Y.Q., Petras I. and Xue D. (2009) Fractional Order Control: A Tutorial. In: Proceedings of the 2009 American Control Conference (ACC'09), С.1397-1411.

5. Бушуев Д.А., Воробьев Н.Д., Рубанов В.Г. Анализ динамических нагрузок в подшипниках помольно-смесительного агрегата как объекта автоматизации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 2014. № 2. С. 143-148.

6. Ефимов А. Н., Рубанов В.Г. Оптимизация процессов первичной обработки информации в АСУ. – К.: «Техника», 1967. 144 с.

7. Бабенко, Ю. И. Метод дробного дифференцирования в прикладных задачах теории тепломассообмена. – СПб.: НПО «Профессионал», 2009. 584 с.

8. R. Capponetto G. Dangola L. Fortuna I. Petras. Fractional Order Systems. - World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010. 196 с.

9. I. Podlubny. Fractional Differential Equations. – Academic Press, 1999. 340 с.

10. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. - Минск: Наука и техника, 1987. 688 с.

11. Shantanu Das. Functional Fractional Calculus for System Identification and Controls. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. 240 с.

12. С. В. Поршнев, И. В. Беленкова. Численные методы на базе Mathcad (+ CD). С-Пб: БХВ-Петербург, 2005. 456с.

¹Тарасюк П.Н., аспирант,²Ващенко Д.А., генеральный директор,¹Трубаев П. А., докт. техн. наук, доц.³Радченко В.В., канд. техн. наук, генеральный директор¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,²ООО «Интеллект-сервис ЖБК-1», Россия, Белгород,³ООО «Центр энергосервисных технологий», Россия, Белгород

АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

tarasyuk88@mail.ru

В работе приводятся результаты измерения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий, а также результаты измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в сертифицированных климатических камерах с целью сопоставления их фактических теплотехнических характеристик с расчетными значениями. Установлено, что основное влияние на снижение фактического термического сопротивления ограждающих конструкций по отношению к расчётному оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы. Ограждающие конструкции, имеющие монтируемый в процессе строительства слой утеплителя, имеют фактическое сопротивление теплопередаче ниже расчетного. При этом на термическое сопротивление влияет способ монтажа утеплителя и место установки пароизоляции. Ограждающие конструкции, выполненные в виде кладки из кирпичей или блоков, а также собираемые в заводских условиях, по теплозащитным характеристикам соответствуют своим заявленным свойствам.

Ключевые слова: термическое сопротивление, ограждающие конструкции, утепление, энергоэффективность.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций является основным показателем теплозащиты зданий [1–3], его минимальное требуемое значение установлено строительными нормативами. При проектировании тепловой защиты зданий и сооружений используются расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий [2, 4]. Фактические значения теплопроводности материалов ограждающих конструкций в эксплуатируемых зданиях может значительно отличаться от расчетных в связи с повышенной влажностью и износом строительных конструкций, из-за недостаточного качества строительных материалов и работ [5–7].

В работе рассматриваются результаты измерения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий г. Москвы, г. Старый Оскол и г. Белгорода в натурных условиях, а также результаты измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в сертифицированных климатических камерах с целью сопоставления их фактических теплотехнических характеристик с расчетными значениями.

Измерения теплотехнических свойств в натурных условиях

Измерения в натурных условиях проводились прибором ИТП-МГ4.03/10 «Поток» в отопительный период.

Измерения и расчеты сопротивления теплопередаче R выполнялись согласно нормативной и технической литературе [8, 9]. Были сделаны ряд измерений в разных зданиях и городах. В табл. 1 приведены результаты замеров с описанием конструкции зданий.

Как видно из табл. 1, фактические значения термического сопротивления однородных ограждающих конструкций или многослойных панелей, изготовленных в заводских условиях, соответствует расчётному. Для многослойных конструкций с минераловатным утеплителем, монтируемым в процессе строительства, фактическое сопротивление теплопередаче составляет 70–80% от расчётного значения.

Измерение теплотехнических свойств на опытных стендах

Испытания на опытных стендах проводились в аккредитованной испытательной лаборатории ООО «Интеллект-Сервис-ЖБК-1» с 32 видами строительных материалов и разными вариантами слоев ограждающих конструкций. Опытные макеты (рис. 1) представляли собой стены, выложенные из исследуемых материалов, теплоизолированные снизу и сверху.

Для каждого вида материала проводилось один или несколько опытов. Полученные результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 1

Сравнение сопротивления теплопередаче, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт

Описание здания, год постройки, расположение	Описание и толщина ограждающих конструкций	Термическое сопротивление, ($\text{м}^2 \cdot \text{K}$)/Вт			Отношение фактического значения к расчетному, %
		по данным замеров (фактическое)	расчетное (проектное)	нормативное	
Торгово-офисный центр, 2 этажа с подземным паркингом (2012 г.), г. Белгород	Покрытие подземного паркинга, на верхней стороне которого расположена открытая площадка, толщиной 700...900 мм (тротуарная плитка; цементно-песчаная смесь; керамзитобетон 100 мм; керамзит – 100...300 мм; бетонная стяжка – 200 мм; железобетонная монолитная плита)	0,89	1,1...1,6 ¹ (1,802 ²)	3,78 ³ ; 3,31 ⁴	56...81%
	Сэндвич-панель из минераловатного утеплителя, 120 мм	3,09	3,08	2,86	100%
	Силикатный кирпич 500 мм, минераловатный утеплитель 100 мм, вентилируемый фасад	2,05	2,871 ⁵ (3,082 ⁶)	2,86	71%
Административное четырехэтажное здание (1985 г.), г. Москва	Керамзитобетон толщиной 500 мм	2,0	1,9	2,56	105%
Двухэтажное административное здание (2012 г.), г. Белгород	Керамические крупноформатные поризованные блоки, и минераловатный утеплитель (760 мм)	3,45	3,81 ⁷ (6,987 ⁸)	2,45	81%
Трехэтажный жилой дом (2010 г.), г. Белгород	Газосиликатные блоки, вентилируемый фасад с минераловатным утеплителем (670 мм).	4,87	6,44	2,86	76%
Шестиэтажное административное здание (1902 г.), г. Москва	Кирпичная кладка из красного кирпича, 700...800 мм	1,32	1,26	2,56	105%
Трехэтажное административное здание (1953 г.), г. Москва	Кладка из красного кирпича, 600 мм	0,93	0,9	2,56	103%
Пятиэтажный жилой дом, (1966 г.), г. Старый Оскол	Кладка из силикатного кирпича, 510 мм	0,99	0,83	2,86	119%
Пятиэтажный жилой дом, (1969 г.), г. Старый Оскол	Кладка из силикатного кирпича, 510 мм	1,02	0,85	2,86	120%
Пятиэтажный жилой дом, (1972 г.), г. Старый Оскол	Кладка из силикатного кирпича, 510 мм	0,88	0,83	2,86	106%
Пятиэтажный жилой дом, (1977 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	0,85	0,93	2,86	91%
Пятиэтажный жилой дом, (1973 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	1,05	0,93	2,86	113%
Пятиэтажный жилой дом, (1974 г.), г. Старый Оскол	Трехслойные панельные плиты, 300 мм.	1,49	1,07	2,86	139%
Пятиэтажный жилой дом, (1973 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	0,89	0,93	2,86	96%
Пятиэтажный жилой дом, (1973 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	0,82	0,93	2,86	88%

Примечания: ¹ – с утеплением керамзитовой засыпкой, примененным в ходе строительства; ² – с утеплением материалом IZOVOL 50 мм, предусмотренном в проекте; ³ – для покрытий и перекрытий над проездами; ⁴ – для перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами; ⁵ – для обычного силикатного кирпича, используемого при строительстве; ⁶ – для пустотелого силикатного кирпича, предусмотренного в проекте; ⁷ – в расчёте использованы данные теплопроводности газобетона из СП 23-101-2004; ⁸ – в расчёте использованы данные теплопроводности производителя газобетона.

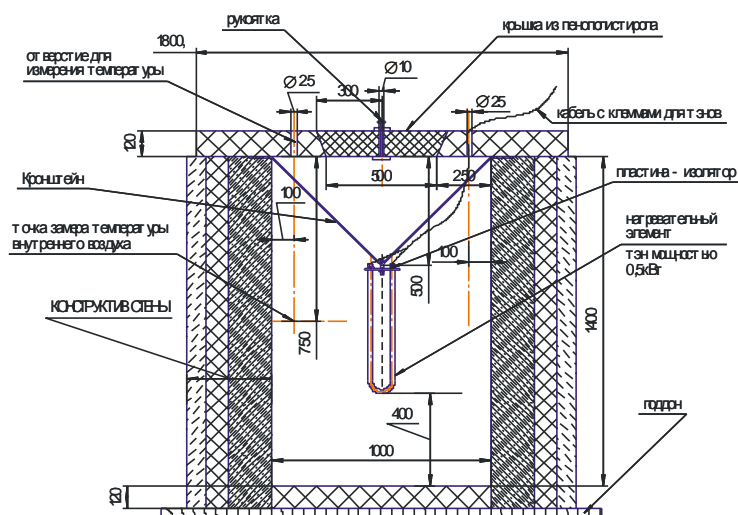


Рис 1. Макет климатической камеры

Для поддержания внутри стенда постоянной температуры использовался электронагреватель. Термическое сопротивление измерялось

в трёх точках с использованием прибора ИТП-МГ4.03 «ПОТОК».

Таблица 2

Результаты испытаний в климатической камере

№	Описание и толщина исследуемых конструкций	Термическое сопротивление, (м ² ·К)/Вт		Отношение фактического значения к расчётному, %	Количество опытов
		по данным замеров (фактическое)	расчётное		
Однослойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков)					
1.	Силикатный кирпич, 510 мм	0,35	0,729	48%	1
2.	Силикатный кирпич, 520 мм	0,37	0,743	50%	1
3.	Керамзитобетонный камень Liapor, 365 мм	2,64	3,8	69%	3
4.	Камень керамический пустотный М125, 510 мм	1,1	1,1	100%	1
5.	Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 390 мм	0,473	1	47%	3
	а) кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75, тычковый ряд				
	б) кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75, ложковый ряд	0,73	1	73%	2
	Керамзитобетонный камень СКЦ-7Р-75, 365 мм	0,59	1,8	33%	1
а) кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75					
6.	б) кладочный раствор - теплый раствор КНАУФ-ЛМ 21	1,81	1,8	101%	1
	Керамзитобетонный камень СКЦ-7Р-75, 390 мм	0,94	1,95	48%	1
Двухслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков)					
8.	I. Газосиликатный блок М500, 300 мм II. Силикатный кирпич, 120 мм	1,985	2,3	86%	2
9.	I. Газосиликатный блок М500, 300 мм II. Воздушная прослойка, 17,5 мм III. Силикатный кирпич, 120 мм	2,15	2,5	86%	3
Двухслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков с тёплой штукатуркой)					
10	I. Силикатный кирпич, 520 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 30 мм	0,41	0,92	45%	1

11	I. Силикатный кирпич, 520 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 40 мм	0,63	0,98	64%	1
12	I. Силикатный кирпич, 520 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 60 мм	1,3	1,1	118%	1
13	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 390 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 40 мм (кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75, тычковый ряд)	0,54	1,3	42%	1
<i>Двухслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков с утеплителем)</i>					
14	I. Силикатный кирпич, 510 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм	1,6	3,3	48%	1
15	I. Силикатный кирпич, 510 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм (штукатурка и краска)	0,57	3,3	17%	1
16	I. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 630 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм	0,7	3,6	19%	2
17	I. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 170 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм	0,505	3,4	15%	1
18	I. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 240 мм II. Полистиролбетон D200, 280 мм	1,16	4,4	26%	1
<i>Трехслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков с полимерным утеплителем в межстенном пространстве)</i>					
19	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,28	3,3	69%	2
20	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	1,99	3,8	52%	3
21	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-50, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм а) изоспан на ПСБС	1,84	3,5	53%	1
	б) изоспан под ПСБС	2,08	3,5	59%	1
22	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Полистиролбетон D200, 280 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	1,48	4,7	31%	1
23	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Экструдированный пенополистирол (31-35 кг/м3), 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	1,5	4,7	32%	1
24	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Экструдированный пенополистирол (31-35 кг/м3), 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,185	4,2	52%	2
25	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм а) точечное крепление утеплителя	1,715	3,2	54%	2
	б) крепление по периметру и в центре утеплителя ПСБС-25	2,88	3,2	90%	1
26	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 90 мм	2,1	3,69	57%	3
27	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,205	3,74	59%	4
28	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм III. Воздушная прослойка, 15 мм IV. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,23	3,4	66%	1
<i>Трехслойная конструкция (кладка из блоков с минераловатным и целлюлозным утеплителем в межстенном пространстве)</i>					
29	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Минераловатный и целлюлозный утеплитель, 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,04	2,7	76%	2

30	I. Пазогребневый камень СКЦТ-7Р-75, 190 мм	1,57	3,7	42%	1
	II. Минераловатный и целлюлозный утеплитель, 150 мм				
	III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм				
Трехслойная конструкция (кладка из блоков с пенобетоном в межстенном пространстве)					
31	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм	1,61	2,4	67%	8
	II. Пенобетон, 200 мм				
	III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм				
32	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм	2,53	3,1	82%	3
	II. Пенобетон, 280 мм				
	III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм				

После анализа данных были найдены ряд зависимостей для отклонения расчётного и фактического теплового сопротивления от их значений и характеристик ограждающих конструкций, определенных для ограждающих конструкций, сгруппированных по заданным признакам. В табл. 3 представлено отношение фактического (измеренного) термического сопротивления к

расчётному, определённого по методике и данным документов [8, 9], для разных видов ограждающих конструкций. Как видно из табл., наименьшее отклонение фактического сопротивления от расчётного имеют сплошные конструкции, наибольшее – ограждающие конструкции с утеплителем.

Таблица 3

Снижение термического сопротивления разных видов ограждающих конструкций

Вид ограждающей конструкции	Количество опытов	Отношение фактического значения к расчётному, %
Кирпичная кладка из сплошного кирпича или блоков	13	74%
Кирпичная кладка из пустотных кирпичей или блоков	10	61%
Ограждающая конструкция, содержащая пено- или газобетон	13	65%
Ограждающая конструкция с минераловатным утеплителем	3	65%
Ограждающая конструкция с полимерным утеплителем	26	51%

На рис. 2 представлено отношение фактического сопротивления к расчётному для ограждающих конструкций, сгруппированных по значению расчётного термического сопротивления и количеству слоёв. Наибольшее относительное отклонение имеет место для конструкций с низким и высоким термическим сопротивлением. Это можно объяснить тем, что для стен с низким термическим сопротивлением большое влияние оказывают дефекты конструкции и влияние теплотехнических неоднородностей (кладки, стыков теплоизоляционных плит и т.п.). Для стен с а)



б)

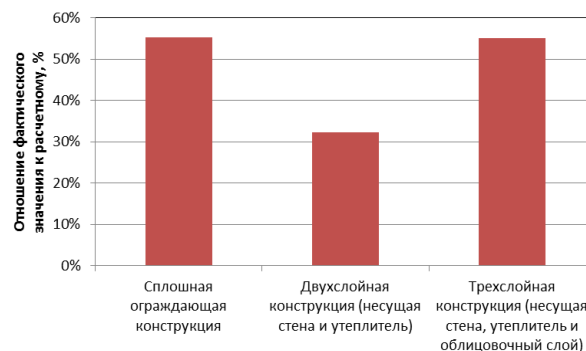


Рис 2. Снижение термического сопротивления в зависимости от:
а) расчётного термического сопротивления; б) количества слоёв

В таблице предоставлено влияние размеров элементов, составляющих ограждающие конструкции, на снижение теплового сопротив-

ления. Как видно из полученных данных, такое влияние не обнаружено.

Таблица 4

Отклонение расчётного термического сопротивления от фактического в зависимости от вида ограждающей конструкции

Вид ограждающей конструкции	Кол-во опытов	Отношение фактического значения к расчетному, %
Сплошная ограждающая конструкция	46	58%
Крупный элемент (блок)	95	62%
Мелкий элемент (кирпич)	13	71%

Так же в работе был проведён анализ влияния отдельных материалов на величину снижения фактического сопротивления по отношению к расчётному. Для этого были определены величины отклонения для разных видов материалов, составляющих ограждающие конструкции. Все полученные данные были объединены в зависимости от типа материалов, присутствующих в исследуемых образцах (табл. 5). Как видно из данных, наибольшее отклонение расчетного термического сопротивления от фактического наблюдается для образцов, содержащих утеплитель.

Таблица 5

Отклонение расчетного термического сопротивления от фактического в зависимости от типа материала

Тип материала, присутствующий в ограждающей конструкции	Количество опытов	Отношение фактического значения к расчетному, %
Утеплитель	34	56%
Кирпичная кладка из сплошного кирпича	12	69%
Бетоны на искусственных пористых заполнителях	78	61%
Кирпичная кладка из пустотного кирпича	17	64%
Бетоны ячеистые	13	71%

Но в отличии от ранее представленных данных, различие в полученных данных для разных материалов незначительно. Следовательно основное влияние на снижение фактического термического сопротивления ограждающих элементов оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы.

Таким образом выбор оптимального конструктивного исполнения ограждающих конструкций позволит достичь максимальной степени энергосбережения. Особенно это важно в индивидуальном строительстве, которое в настоящее время активно развивается в Белгородской области [10], так как в малоэтажных

здания значительно выше коэффициент компактности, чем в многоэтажных. и значит выше удельный расход на отопление при одинаковом конструктивном исполнении ограждающих конструкций и выше перерасход энергии при наличии дефектов в них.

Выводы

1. Основное влияние на снижение фактического (определённого по данным замеров) термического сопротивления ограждающих конструкций по отношению к расчётным (проектным) значениям оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы.

2. Ограждающие конструкции, имеющие монтируемый в процессе строительства слой утеплителя, имеют фактическое сопротивление теплопередачи ниже расчетного. Ограждающие конструкции, выполненные в виде кладки из кирпичей или блоков, а также собираемые в заводских условиях, по теплозащитным характеристикам соответствуют своим заявленным свойствам.

3. Наибольшее отклонение термического сопротивления от расчетного значения наблюдается для стеновых конструкций с утеплителем. При этом на термическое сопротивление влияет способ монтажа утеплителя и место установки пароизоляции. Также ряд производителей заявляют заниженную теплопроводность материалов, что характеризуется значительно более низкими реальными параметрами термического сопротивления для ограждающих конструкций, проектирующихся с повышенными теплозащитными свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Табунщиков Ю.А. Бродач М.М. Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М: Авок-Пресс, 2003. 200 с.
2. Малявина Е.Г. Теплотери здания. М.: АВОК, 2007. 144 с.
3. Куцев Л.А., Дронова Г.Л. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве // Вестник Белгородского государствен-

ного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С. 24-25.

4. Кузнецов А.В. Оценка теплотехнических качеств зданий монолитной конструкции Санкт-Петербурга // Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий: сб. тр. Всерос. Научно-техн. конф. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 35-43.

5. Гагарин В.Г. Теплофизические свойства современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий: Сб. тр. II Всерос. научно-техн. конф. СПб., 2009. С. 33-44.

6. Малявина Е.Г. Строительная теплофизика и проблемы утепления современных зданий // АВОК. 2009. №1. С. 4-7.

7. Гурьянов Н.С. Оценка и обеспечение тепловой надёжности наружных стен эксплуатируемых зданий: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.03/ Гурьянов Николай Сергеевич. Нижний Новгород, 2003. 232 с.

8. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012. 96 с.

9. ГОСТ 26254-84 (1994). Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. М., 1994. 34 с.

10. Дёгтев И.А., Лаврик Г.И. Малоэтажное эколого-экономичное жилище для массового строительства в условиях Белгородчины // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 32-34.

Шаптала В.Г., д-р техн. наук, проф.,
 Шаптала В.В., канд. техн. наук, доц.,
 Гавриленко А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЦЕМЕНТНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ПНЕВМОКАМЕРНОМ НАСОСЕ

Shaptalavladim@yandex.ru

Выполнено численное моделирование процесса разгрузки камеры пневмокамерного насоса, на основе которого исследована зависимость расходной концентрации цемента от конструктивно-режимных параметров насоса.

Ключевые слова: пневмокамерный насос, математическая модель, аэрационное устройство.

Введение. На цементных заводах для внутри- и межцеховых перемещений цемента расширяется применение высоконапорных установок с пневмокамерными насосами [1]. Несмотря на ряд преимуществ, транспортирование цемента пневмокамерными насосами остается достаточно ресурсо- и энергоемким (удельный расход сжатого воздуха нередко превышает 150 нм³/т, а удельные затраты превышают 10 кВт·ч/т). Одним из главных направлений снижения энергозатрат остается совершенствование процесса аэрирования цемента, позволяющее получать на входе в разгрузочный патрубок более концентрированные цементно-воздушные смеси при сокращении непроизводительных затрат сжатого воздуха.

Опытным путем показана высокая эффективность пневмокамерного насоса, оснащенного новым мультисопловым аэрационным устройством (рис. 1) [2]. Для сокращения объема лабораторных и промышленных испытаний целесообразно выполнить компьютерное моделирование работы насоса позволяющее выявить влияние конструктивно-режимных параметров аэрационного устройства на его производительность.

Основная часть. Турбулентный газодисперсный поток цементно-воздушной смеси, которая образуется аэрационным устройством в нижней части камеры насоса и нагнетается сжатым воздухом в цементопровод, будем исследовать на основе двухжидкостной модели. В рамках этой модели дисперсная фаза рассматривается как псевдосплошная среда – псевдогаз из частиц со своим специфическим давлением, вязкостью и температурой (кинетическая теория гранулированных (газодисперсных потоков) [3]. Кинетическая теория позволяет применять к дисперсной фазе непрерывный эйлеров подход, поэтому для описания движения обеих фаз можно использовать одностипные уравнения неразрывности и уравнения переноса импульса.

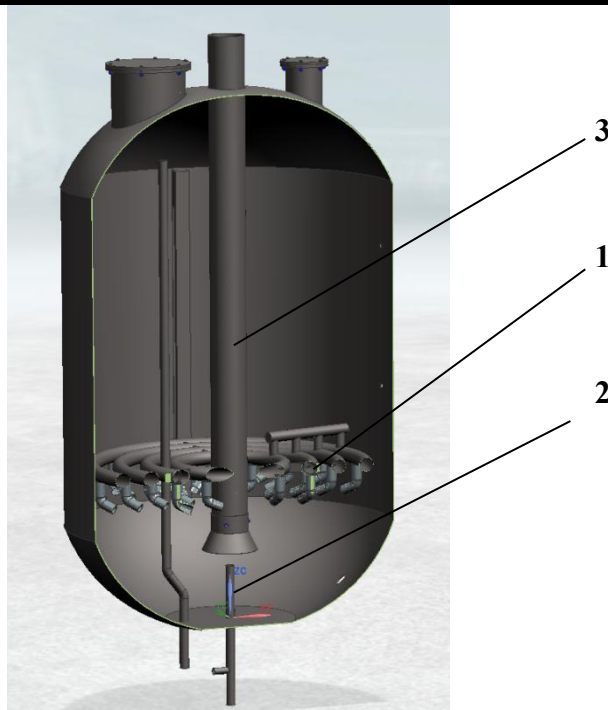


Рис. 1. Пневмокамерный насос с мультисопловым аэрирующим устройством:

1 – мультисопловое аэрационное устройство;
 2 – центральное сопло; 3 – разгрузочный патрубок

Уравнения неразрывности для воздушной и дисперсных фаз имеют вид [3]:

$$\frac{\partial(\varepsilon \rho)}{\partial t} + \frac{\partial(\varepsilon \rho u_j)}{\partial x_j} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\beta \rho_m)}{\partial t} + \frac{\partial(\beta \rho_m v_j)}{\partial x_j} = 0 \quad (2)$$

где ε и β – объемные концентрации воздуха и частиц в потоке цементной аэросмеси; ρ , ρ_m – плотности воздуха и частиц; u_i , v_j – составляющие осредненной скорости воздушной и дисперсной фаз.

Уравнения переноса импульса газовой и дисперсной фаз могут быть представлены в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varphi u_i) + u_j \frac{\partial}{\partial x_j}(\varphi u_i) = -\varepsilon \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \tau_{ij} + \varphi g_i + F_i \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\beta \rho_m v_i) + u_j \frac{\partial}{\partial x_j}(\varphi_m v_i) = -\beta \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial p_m}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} T_{ij} + \beta \rho_m g_i - F_i \quad (4)$$

Здесь τ_{ij} , T_{ij} – тензоры эффективных напряжений газовой и дисперсных фаз, p – давление воздуха, g_i – вектор ускорения силы тяжести, F_i – интенсивность силы межфазного взаимодействия, p_m – давление псевдогаза частиц. Для турбулентных характеристик газодисперсных потоков в кинетической теории применяется k - ε модель турбулентности.

При аэрации цемента вследствие его большой удельной поверхности температуры воздуха и частиц практически мгновенно выравниваются, поэтому процесс разгрузки насоса можно считать изотермическим и при его моделировании уравнение сохранения энергии не рассматривать.

Система уравнений (1..4) применительно к условиям работы пневмокамерного насоса ТА-29 реализована в пакете OpenFOAM [4, 5].

В результате компьютерного моделирования разгрузки камеры насоса для различных

стадий этого процесса (рис. 2) найдены распределения скорости несущего потока воздуха, поля концентраций частиц цемента, а также вычислены массовые расходы фаз на входе в разгрузочный патрубок. При проведении вычислительного эксперимента варьировалось избыточное давление в камере насоса, диаметр разгрузочного патрубка, расстояние входа в разгрузочный патрубок и аэрационного устройства до дна камеры насоса, а также распределение сжатого воздуха между верхней свободной зоной камеры и аэрирующим устройством. Компьютерное моделирование процесса разгрузки насоса подтверждает наблюдаемые в лабораторных и производственных условиях его характерные особенности: пульсирующий характер потока цементно-воздушной смеси, прорыв при определенных условиях струй воздуха без захвата материала, образование остатка материала в камере насоса и другие.

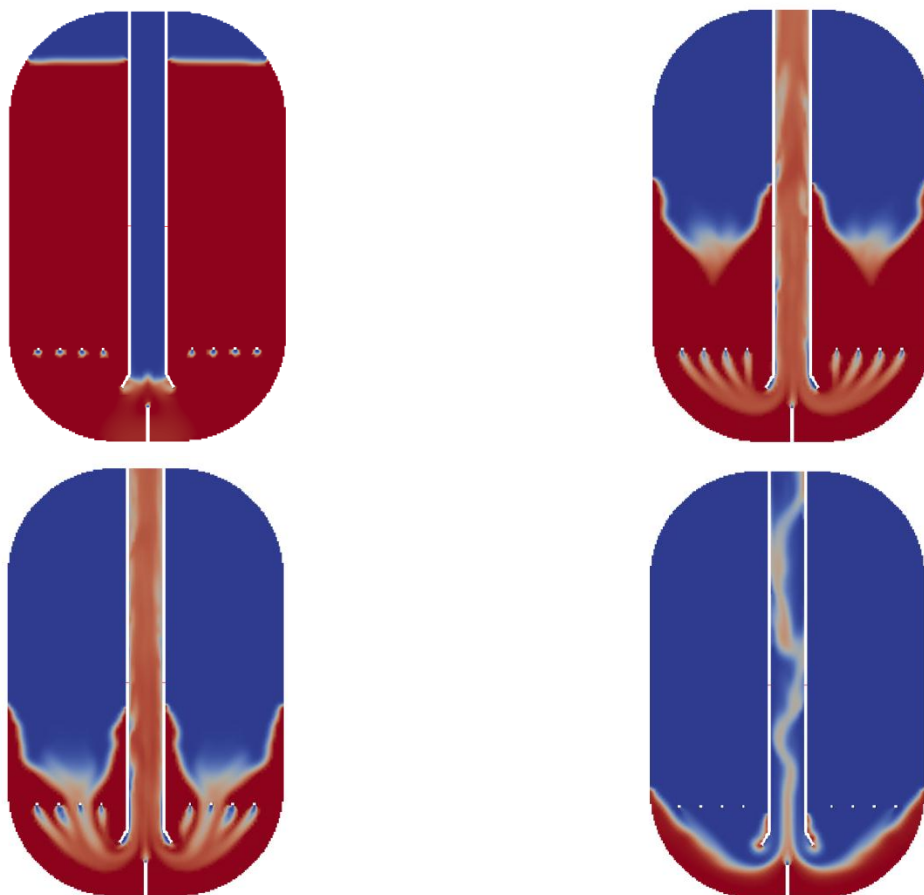


Рис. 2. Стадии разгрузки камеры насоса

Обработка результатов вычислительных экспериментов позволила установить аппроксимирующую зависимость расходной концентра-

ции цемента от конструктивно-режимных параметров насоса:

$$\mu = \frac{G_m}{G} = \frac{130,8}{\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{2,6} \left(\frac{D}{D_k}\right)^{0,8}}, \quad (5)$$

где G_m – производительность насоса кг/с; G – массовый расход сжатого воздуха, кг/с; D , D_k – диаметры разгрузочного патрубка и камеры насоса, м; ρ , ρ_0 – плотности воздуха при рабочих и нормальных условиях:

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{P T_0}{P_0 T} \quad (6)$$

Здесь P , T – рабочие давление и температура воздуха; $P_0 = 101$ кПа, $T_0 = 293$ К.

По известным расходной концентрации цемента и рабочем давлении в камере насоса можно найти удельные энергозатраты на перекачку цемента:

$$\mathfrak{E} = \frac{0,18 k_s k_n T}{\eta \mu} \lg \left(\frac{P}{P_0} \right), \quad \text{кВт} \cdot \text{ч/т} \quad (7)$$

где k_s – коэффициент запаса, $k_n = 1,15$ – коэффициент, учитывающий непроизводительные потери сжатого воздуха, $\eta \approx 0,75$ – коэффициент полезного действия компрессоров.

Рабочее давление изменялось в интервале от 0,3 до 0,6 Мпа, общий расход сжатого воздуха – от 0,5 до 1,2 м³/с, рабочая температура от 120 до 140 °С. Наибольшая концентрация цемента на входе в разгрузочный патрубок $\mu = 18$ кг/кг имела место при общем расходе сжатого воздуха 1 м³/с и следующем его распределении: в верхнюю зону камеры 40 %, через аэрационное устройство – 45 % и центральное сопло – 15 % общего расхода. Скорость воздуха на входе в загрузочный патрубок принимала значения от 4 до 4,5 м/с. Установлено также, что наименьший остаток невыгруженного цемента достигается при выполнении следующих условий:

$$h_{pp} = 0,9D, \quad h_{ay} = 2D, \quad (8)$$

где h_{pp} , h_{ay} – расстояния от днища камеры до входа в разгрузочный патрубок и до уровня сопел аэрационного устройства.

Выводы

1. Численная реализация кинетической модели движения газодисперсных потоков в камере пневмокамерного насоса позволяет исследовать влияние конструктивно-режимных параметров насоса на его производительность и энергоэффективность.

2. С помощью компьютерного моделирования найдены рациональные параметры пневмокамерного насоса с новым мультисопловым устройством для аэрации цемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Гавриленко А.В., Лунев А.С. Расчет основных параметров, характеризующих разгрузку пневмокамерного насоса. // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. / под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2014. Вып. XIII. С. 51–53.
2. Патент № 141694 Российская Федерация, МПК В65G 53/16. Пневмокамерный насос для транспортировки сыпучих материалов / Гавриленко А.В., Богданов В.С., Фадин Ю.М., Шаптала В.В.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – № 2014102405; заявл. 24.01.14; опубл. 06.05.14.
3. Gidaspow D. Multiphase Flow and Fluidisation. – Boston: Academic Press. 1994. – 467 p.
4. OpenCFD. OpenFOAM – The Open Source CDF Toolbox – User Guide. Open CFD Ltd, United Kingdom, 1.6. edition, 2009.
5. Шаптала В.Г., Шаптала В.В., Сулов Д.Ю. Вопросы моделирования и расчета барботажных реакторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 189–192.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.,

Бушуева Н.П., канд. техн. наук, доц.,

Панова О.А., ведущий инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УСТОЙЧИВОСТЬ ПИРИТА ПРИ ОБЖИГЕ КАРБОНАТНО-КРЕМНЕЗЕМИСТОЙ СМЕСИ

pipp@mail.ru

Отходы горно-обогатительных комбинатов, попутно добываемые породы железорудных месторождений могут использоваться при производстве низко-обжиговых высокоактивных вяжущих материалов. Однако некоторые из них содержат оксиды железа различной валентности и пирит, поведение которого в условиях термической обработки требует уточнения. В данной работе, используя методы физико-химического анализа и термодинамические расчеты, исследована устойчивость пирита при обжиге карбонатно-кремнеземистой смеси. Получено, дифференциально-термический анализ и термодинамические расчеты $\Delta G_i^\circ = f(T)$ подтвердили факт о неустойчивости пирита при обжиге. Пирит сначала разлагается до FeS, а затем в присутствии кислорода окисляется до Fe_2O_3 . Наличие ионов железа Fe^{2+} и Fe^{3+} в карбонатно-кремнеземистой смеси интенсифицирует процессы декарбонизации и образования известково-белитового вяжущего. Продукты разложения активно участвуют в процессах синтеза высокоактивного вяжущего, в составе которого кроме оксида кальция и двухкальцевого силиката присутствует феррит кальция.

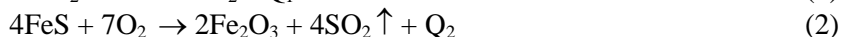
Ключевые слова: пирит, отходы флотации, хвосты мокрой магнитной сепарации, оксид кальция, феррит кальция, разложение, окисление, известково-белитовое вяжущее, теплоемкость, энергия Гиббса.

Введение. Пирит – это сульфидсодержащий минерал с химической формулой FeS_2 , содержится в скальных вскрышных породах железорудных месторождений КМА в количестве до 10-15%, а также отходах флотации хвостов мокрой магнитной сепарации не более 1,5 % [1, 2], которые могут быть использованы при получении известково-белитового вяжущего [3,4]. Возможность его присутствия в достаточно большом количестве определяет необходимость исследования его поведения при обжиге карбонатно-кремнеземистой смеси.

В основе кристаллической структуры [5] пирита лежит кубическая гранецентрированная решетка типа NaCl, в которой ионы серы, располагаясь парами, сильно сближены между собой с образованием анионной группы $[S_2]^{2-}$. Расстояние S-S в этих группах равно 2,05Å (вместо 3,5Å – двойного ионного радиуса). Группы $[S_2]^{2-}$ своими осями ориентированы по диагоналям малых кубов, притом так, что они

не пересекаются между собой. По данным большинства ученых [6, 7, 8], пирит не может находиться в равновесии выше температуры 671 К. Установлено, при термической обработке кристаллическая решетка пирита разрушается, сначала образуется FeS, а затем окисляется до Fe_2O_3 [9, 10]. Структура FeS дефектна, т.к. не все октаэдрические пустоты заняты Fe, в силу чего часть Fe^{2+} находится в Fe^{3+} . Структурный дефицит Fe в пирротине различен: даёт составы от $Fe_{0,875}S$ (Fe_7S_8) до FeS (стехиометрический состав FeS – троилит). В зависимости от дефицита Fe меняются параметры и симметрия кристаллической ячейки, и при $x \sim 0,11$ и ниже (до 0,2) пиротин из гексагональной модификации переходит в моноклинную [11].

Пирит при нагревании до $t=723-743$ К сначала разлагается до FeS и S_2 , а затем окисляется до Fe^{3+} [12, 13]:

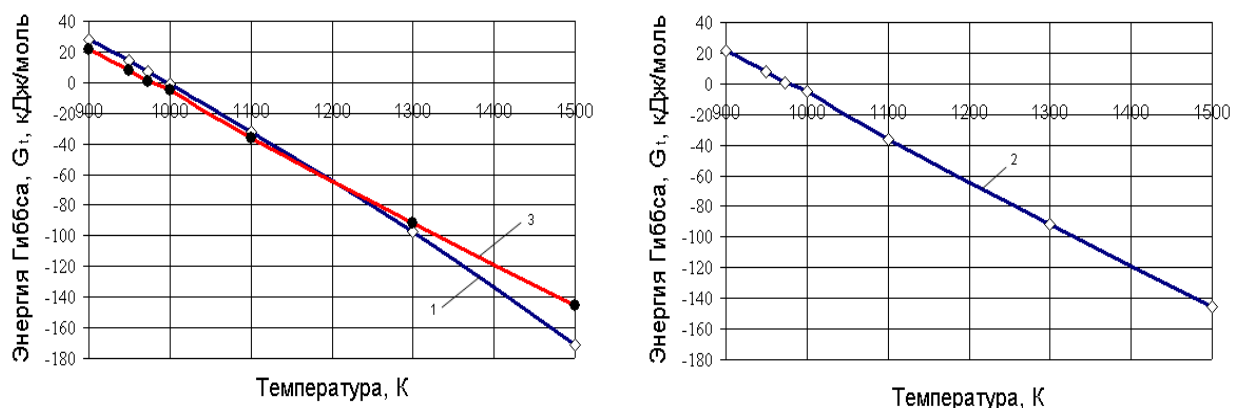


Методика. Термодинамический метод исследования высокотемпературных процессов может дать ценную информацию о возможности целенаправленного поведения тех или иных реакций, о путях управления процессами. Для химических реакций, протекающих при постоянном давлении и температуре, второй закон

термодинамики, с помощью которого определяются энергетическая возможность и направление реакций, записывается в виде следующего уравнения:

$$\Delta G_i^\circ = \Delta H_T^\circ - T \Delta S.$$

После интегрирования эмпирического уравнения теплоемкости свободную энергию

Рис. 1. Зависимость ΔG_t от температуры для уравнений реакций 1, 2, 3

Гиббса ΔG_t° для любой температуры можно определить по уравнению:

$$\Delta G_t^\circ = \Delta H^\circ - \Delta a \cdot T \ln T - 0,5 \cdot \Delta b \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 0,5 \cdot \Delta c \cdot 10^{+5} \cdot T^{-1} + y \cdot T.$$

Основная часть. Используя термодинамические свойства соединений, был проведен расчет вероятности протекания реакций (1) и (2) в температурном интервале 900 – 1500 K.

Уравнения зависимости теплоемкости от температуры для реакций (1) и (2) следующие:

$$\begin{aligned} \Delta C_p &= \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^{-2} = -70,51 + 211,17 \cdot 10^{-3} T + 22,23 \cdot 10^{+5} T^{-2} \\ \Delta C_p &= \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^{-2} = 764,82 - 246,88 \cdot 10^{-3} T - 45,96 \cdot 10^{+5} T^{-2} \end{aligned}$$

Уравнения ΔG_t° для реакций (1) и (2) имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \Delta G_t^\circ &= 267565,92 + 70,51 \cdot T \ln T - 0,5 \cdot 211,17 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 0,5 \cdot 22,23 \cdot 10^{+5} \cdot T^{-1} - 649,09 T; \\ \Delta G_t^\circ &= -2656466,8 - 764,82 \cdot T \ln T - 0,5 \cdot (-246,88) \cdot 10^{-3} \cdot T^2 - 0,5 \cdot (-45,96) \cdot 10^{+5} \cdot T^{-1} + 5560,32 T \end{aligned}$$

Таблица 1

Зависимость ΔG_t° (кДж/моль) от температуры

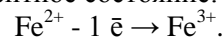
Температура, K	900	950	973	1000	1100	1300	1500
ΔG_t° для реакции (1)	28,149	13,984	6,909	-0,996	-32,384	-97,551	-171,234
ΔG_t° для реакции (2)	-2230,34	-2244,27	-2246,94	-2255,31	-2277,78	-2346,56	-2422,97

Анализ полученных данных (табл. 1, рис.) позволяет сделать вывод: теоретически начало реакции (1), то есть разложение пирита оказывается возможным начиная с температуры ~994 K ($\Delta G_t^\circ=0$), выше этой температуры ΔG_t° – величина отрицательная. Для реакции (2) ΔG_t° в рассматриваемом интервале температур меньше нуля, что свидетельствует о направлении реакции слева направо или окисление FeS с образованием Fe_2O_3 возможно при любой заданной температуре.

Оксид трехвалентного железа, образуемый при окислении пирита и используемый для оценки реакционной способности при обжиге карбонатно-кремнеземистой смеси, содержится в отходах флотации хвостов мокрой магнитной сепарации. Анализ термограммы мел – пирит показывает, присутствие оксидов трехвалентно-

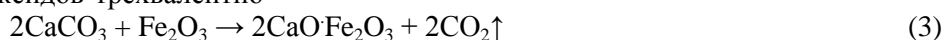
го и двухвалентного железа (FeO , Fe_2O_3) интенсифицирует процесс декарбонизации [7].

По данным дифференциально-термического анализа эндотермический эффект (-) 1228K, соответствующий разложению $CaCO_3$, смещается в сторону более низких температур (-) 1188 K. Экзотермический эффект (+) 729 K относится к окислению двухвалентного железа в трехвалентное состояние:



Экзотермический эффект при температуре (+) 1551K свидетельствует об образовании феррита кальция $2CaO \cdot Fe_2O_3$, а наличие эндотермических эффектов 1585 K и 1613 K – о появлении жидкой фазы в результате образования эвтектик.

Образование $2CaO \cdot Fe_2O_3$ происходит в результате протекания следующей реакции:



Уравнение зависимости теплоемкости от температуры для реакции (3) следующее:

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^{-2} = -35,87 - 16,75 \cdot 10^{-3} T + 20,91 \cdot 10^{-5} T^{-2}.$$

Для этой реакции зависимость ΔG_t° от температуры следующая:

$$\Delta G_t^\circ = 325864,14 - (-35,87) \cdot T \ln T - 0,5 \cdot (-16,75) \cdot 10^{-3} T^2 - 0,5 \cdot (20,91) \cdot 10^{-5} T^{-1} - 588,38 \cdot T.$$

Таблица 2

Зависимость ΔG_t° (кДж/моль) от температуры для реакции (3)

Температура, К	900	950	973	1000	1100	1300	1500
ΔG_t°	21,47	7,88	1,05	-5,23	-35,97	-91,34	-145,24

Термодинамический анализ протекания реакции образования $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (реакция 3) показывает (см. табл. 2), начиная с температуры около 1000 К, процесс идет слева направо, что согласуется

с результатами дифференциально-термического анализа.

Выводы. Следовательно, теоретически и экспериментально подтвержден факт о неустойчивости пирита при термическом воздействии, об его окислении до Fe_2O_3 , который взаимодействует с CaO с образованием гидравлически активного $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Авилова Е.Н., Глаголев Е.С. Решение проблемы утилизации техногенного сырья КМА / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 7-11.
2. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А., Мухачева В.Д. Отходы флотации хвостов мокрой магнитной сепарации – активный компонент для получения низкообжигового вяжущего автоклавного твердения // Фундаментальные исследования. 2014. №. 8. Часть 7. С. 1565-1570.
3. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Влияние железосодержащих минералов на процесс образования двухкальциевого силиката // Технические науки – от теории к практике: материалы XXI международной заочной научно-практической конференции. (15 мая 2013г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. С. 146-152.
4. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Известково-белитовое вяжущее на основе отходов ГОКов // Фундаментальные исследования. 2013. №. 8. С. 1368-1372.
5. Онуфриенок В.В. Кристаллохимическое превращение пирротин-пирит, индуцированное катионными вакансиями // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 5. С. 116-122.
6. Онуфриенок В.В., Звезгинцев А.Г. Магнитные свойства и кристаллическая структура сульфидов железа в интервале составов FeS – $\text{FeS}_{1,18}$ // Неорганические материалы. 1982. Т. 18. №3. С. 366 -371.
7. Bayliss P. Crystal structure refinement of a weakly anisotropic pyrite // American Mineralogist. 1977. V. 62. P. 1168-1172.
8. Rickard D., Luther G. Chemistry of Iron Sulfides // Chem. Rev. 2007. V.107. P. 514-565.
9. Shapovalov N.A., Bushueva N.P., Panova O.A. Low roasting cementitious matter of limebelite components using flotation waste of residual dumps of wet magnetic separation at the mining and processing complex World Applied Sciences Journal. 25 (12): 1758-1762, 2013.
10. Силаев В.И., Забоев А.Ф., Иловайский В.И., Хорошилова Л.А. Фазовые превращения некоторых сульфидов при нагревании // Сб. тр. Института геологии Коми филиала АН СССР. 1977. Вып. 23. С. 94-98.
11. Юсупова А.А., Ахметова Р.Т., Бараева Д.Р. Методы активации компонентов в технологии сульфидов и композиционных материалов на их основе // Тезисы докл. XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Т.3. Волгоград. 2011. С. 222.
12. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Кристаллохимия (краткий курс). М.: МГУ. 2004. 125 с.
13. Силаев В.И., Забоев А.Ф., Иловайский В.И., Хорошилова Л.А. Фазовые превращения некоторых сульфидов при нагревании // Сб. тр. Института геологии Коми филиала АН СССР. 1977. Вып. 23. С. 94-98.

¹Земсков Ю.П., канд. техн. наук, доц.
²Афанасьев А.А., д-р техн. наук, проф.,
¹Пегина А.Н., канд. техн. наук, доц.

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий,
²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ САХАРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ ГАЗИРОВАННЫХ НАПИТКОВ

alexaf-42@mail.ru

Результаты выполненной работы могут быть применены в пищевой промышленности, а также в других отраслях, где используются технологии с использованием таблетированной продукции. Представлены результаты аналитической зависимости таблетированной плотности сахарной массы от насыпной плотности при производстве безалкогольных газированных напитков.

Ключевые слова: насыпная плотность, таблетированная плотность, плотномер, мерный объем, сахарная масса.

Введение. Метод прессования сухих веществ нашел широкое применение в кондитерской, фармацевтической, химической и других промышленности. Трудность дозирования сыпучих материалов заключается в необходимом учете его насыпной плотности при постоянной влажности. Одним из известных решений данной задачи является прессование сыпучего материала при условиях высокой точности по массе. В таком случае является возможным перейти от дозы сыпучего материала к дозе прессованного материала по массе или непосредственному количеству. Это приводит к упрощению технологического процесса дозирования, когда, например, 100 г сыпучего вещества вводится в качестве ингредиента в виде гранул или таблеток по $5_{-0,01}^+0,01$ г каждая в количестве 20 штук. Такой подход был применен на одном из предприятий Воронежской области, занимающееся изготовлением безалкогольных газированных напитков.

Широкий ассортимент газированных напитков определяется большим количеством различных видов сырья, которое входит в состав купажа напитков. Одним из компонентов является сахар-песок (по ГОСТ 21-94), который при внесении в напиток изначально определяют насыпную плотность. Из-за различной насыпной плотности происходит несоответствие по массе, особенно в малых дозах. Это приводит к нарушению рецептуры безалкогольных напитков по показателю «массовая доля сахара». Для того чтобы привести в соответствие данный показатель к НД, необходимо выполнить переход на прессованную (таблетированную) массу сахарного песка с разработкой методического обеспечения.

Методология. Настоящая методика распространяется на сахар для приготовления безалкогольных напитков, который поставляется

производителем в исходном состоянии с последующим его таблетированием.

Аппаратура. Для определения насыпной плотности применяется следующая аппаратура: плотномер типа ПС-1; весы аналитические с точностью 0,0001 г; банки и бюксы стеклянные с притертыми пробками для хранения проб емкостью 100...150 см³; влагомер; устройство для таблетирования.

Подготовка к испытанию. Сахарную массу подвергают высушиванию при температуре 150 °С в течение 2 ч. Для определения насыпной плотности берут пробу объемом 120...140 см³, которую получают однократным разделением общей пробы на восемь частных проб на универсальном механическом делителе (по ГОСТ 16189-70). Если отдельную пробу не используют сразу для испытаний, то ее хранят в стеклянной посуде с притертой пробкой.

Основная часть. Плотномер (рис. 1) располагают на горизонтальной устойчивой поверхности.

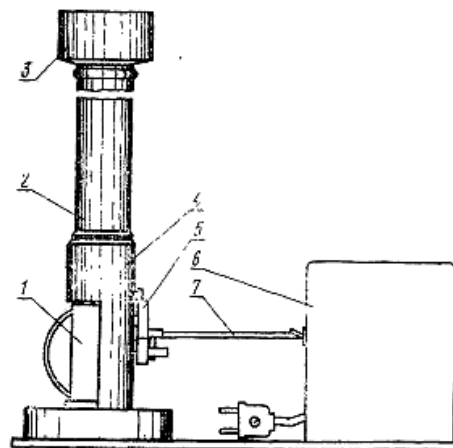


Рис. 1. Плотномер для измерения насыпной плотности:

- 1 – мерная емкость; 2 – держатель; 3 – бункер;
4 – корпус; 5 – кулачок; 6 – электрический привод;
7 – гибкий вал

Проведение испытаний. Берут среднюю пробу объемом 120...140 см³ и заполняют бункер 3 до краев. С помощью электрического привода 6 или вручную вдавливают кулачок 5 со скоростью 100...200 мин⁻¹, пока сахарная масса (песок) высыплется из бункера 3. Извлекают мерную емкость 1 из держателя 2. Определяют массу сахарного песка с точностью до 0,0001 г с помощью взвешивания на аналитических весах. Очищают мерную емкость и основание от остатков сахарного песка. Мерную емкость вставляют в держатель 2. Определение насыпной плотности проводят 3 раза, используя приготовленные пробы. Для определения влажности W сахарного песка после его просушки используют влагомер.

Обработка результатов. Насыпная плотность есть отношение массы сахарного песка к занимаемому объему при нормальном уплотнении. Насыпную плотность сахарного песка, высушенного до постоянной массы, вычисляют по формуле (1):

$$\rho_n = 10\rho_0(100 - W), \quad (1)$$

где ρ_0 – насыпная плотность воздушно-сухого сахарного песка, г/дм³; W – влажность сахарного песка до постоянной массы, %.

В качестве окончательного результата определения принимают среднее арифметическое трех полученных значений. Допускаемое расхождение (рассеяние) между определениями не должно превышать 1,5 абс. % от среднего арифметического полученных результатов.

Для обеспечения стабильности процесса приготовления сиропа, в случае изготовления безалкогольного газированного напитка, когда допускаемое расхождение будет превышать указанную величину, необходимо прибегнуть к таблетированию мерного объема сахарной массы и использовать в технологическом процессе уже уплотненную массу сахарной пудры. В этом

случае в количественной оценке значения насыпной плотности сахара следует сделать корректировку по значению плотности прессованной пудры из расчета отношения плотности до прессования и плотности после прессования сахара.

В результате насыпная плотность будет иметь вид (2):

$$\rho_n = 10 \frac{\rho_n}{\rho_0} (100 - W), \quad (2)$$

где ρ_n – плотность вещества после прессования (таблетирования). Ее значение принято равной 0,93 г/см³ на основании экспериментальных данных.

Полученная зависимость характеризуется коэффициентом

$$K = 10\rho_n(100 - W)/\rho_0. \quad (3)$$

При использовании сахарного песка, который подвергся таблетированию с учетом исходной насыпной плотности 0,76 г/см³ и плотности после таблетирования, равной 0,93 г/см³, поправочный коэффициент, который есть отношение плотностей сахара в двух состояниях (прессованном и насыпном), равен 1,27. В этом случае формула (2) примет вид

$$\rho_n = 12,76(100 - W). \quad (4)$$

В качестве таблетки принимался плоский цилиндр диаметром 10 мм и массой 5_{-0,01} г.

Данная методика позволяет производить инженерные расчеты насыпной плотности сыпучих сухих веществ с учетом их последующего таблетирования (прессования), что способствует более точному дозированию и строгому соблюдению рецептуры выпускаемой продукции. С учетом коэффициента пропорциональности принят дозатор-таблетер, для регулировки которого разработан тарировочный график, представленный на рис.2



Рис. 2. Тарировочный график зависимости зазора прессования от коэффициента прессования K

Дозирование и таблетирование сыпучих веществ, например, сахарного песка в зависимости от его влажности, может быть осуществлено простым устройством, представленном на рис. 3.

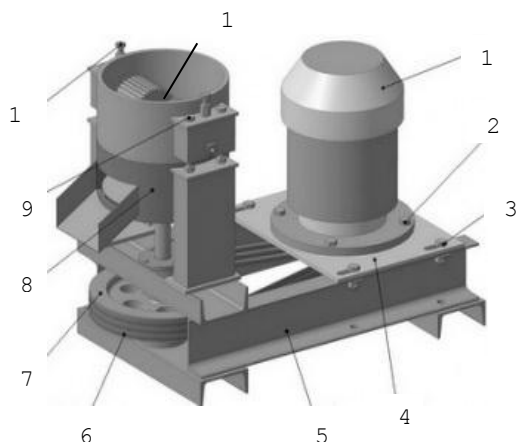


Рис. 3. Конструкция дозирочно-таблетировочного устройства для сахарной массы

1 – электродвигатель; 2 – фланец крепления электродвигателя; 3 – болт крепления; 4 – плита; 5 – корпус; 6 – ремень; 7 – шкив; 8 – диспергатор; 9 – устройство контроля дозирования; 10 – устройство контроля диспергирования в порошок; 11 – корпус

Устройство для таблетирования сахарной массы состоит из корпуса 5, привода, включающего электродвигатель 1, ременной передачи 6, 7 и блока дозирования и таблетирования. Блок дозирования и таблетирования состоит из диспергатора 8 и устройства контроля 9. Конструкция работает следующим образом: сахар-песок поступает в корпус 11, где попадает под зубчатые колеса и диспергируется до пудры. Пудра проходит через калибровочные отверстия и прессуется в диспергаторе 8. После чего в виде таблеток определенной массы $5_{-0,1}^{+0,1}$ г отсекается отрезным диском и сыпается по направляющей в накопитель. Регулирование размола и прессо-

вания осуществляется устройствами контроля 9 и 10.

Вывод: предложенная методика оценки насыпной плотности сыпучих веществ при производстве безалкогольных газированных напитков позволяет рассматривать насыпную плотность сахарной массы во взаимной связи с этой же характеристикой сахара в таблетированной (прессованной) форме. Использование такой методики улучшает технологический процесс подготовки ингредиентов, а также способствует осуществлению регулировочных работ дозатора-таблетера при изготовлении точных по массе доз (мер) при наличии исходных сыпучих веществ с различной насыпной плотностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 16189-70 Сорбенты. Метод сокращения и усреднения проб. [Текст]. – Введ.1971. –07-01- М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1971. 5 с.
2. ГОСТ 28188-89 Напитки безалкогольные. Общие технические условия. [Текст]. – Введ.1991-07-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1991. 16 с.
3. Гаврилов А.С., Жуйкова Н.Н., Саблина О.С., Штокарева Е.А. Комплексный наполнитель на основе лактозы и микрокристаллической целлюлозы для прямого прессования таблеток // Химико-фармацевтический журнал. 2009. № 8. С.50–52.
4. Афанасьев А.А., Глаголев С.Н. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие. Белгород: изд-во БГТУ, 2012. 290 с.
5. Баранникова, А.Н. Повышение качества очистки сахарсодержащих растворов с применением алюминийсодержащих сорбентов: дис. канд. техн. наук: 05.02.23: защищена 31.05.2007:/ А.Н. Баранникова. М., 2007. 234 с.

Ивлева И. А., канд. техн. наук, доц.,

Беседин П. В., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ МОНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГЛИН В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

iviran1964@mail.ru

Исследовано влияние минералогического состава мономинеральных глин на процессы спекания. Методом неізотермической кинетики, графическим дифференцированием кривых изменения относительной усадки образцов при заданных скоростях нагрева, рассчитана кажущаяся энергия активации процесса спекания мономинеральных глин. Приведенный метод позволяет прогнозировать поведение материалов, полученных на основе глин в реальных условиях производства и оптимизировать параметры управления технологическим процессом обжига для обеспечения стабильного выпуска высококачественной продукции.

Ключевые слова: спекание, относительная усадка, энергия активации, интервал спекания, каолинит, гидрослюда, монтмориллонит.

Спекание глинистых материалов, как и большинства силикатных систем, имеет смешанный характер. Интенсификация процессов спекания глинистых пород и керамических масс на их основе с применением корректирующих минерализующих компонентов, является важным энергосберегающим фактором, ускоряющим процесс формирования структуры материала [1-3]. Использование в качестве сырьевых материалов техногенных продуктов, обладающих рядом положительных свойств, для производства вяжущих [4] и керамических изделий позволяет решить одну из важнейших технологических задач – получить изделия с повышенными эксплуатационными характеристиками. Для сравнения эффективности техногенных продуктов на кинетику спекания глинистых масс целесообразно изучить эти процессы на мономинеральных глинах.

Для исследования кинетики термоактивируемых физико-химических процессов используют изотермические и неізотермические методы.

Известно, что мгновенная скорость процесса зависит от величины z , характеризующей степень его завершения в момент времени τ , температуры T и кинетических параметров

$$z' = kF(z) \quad (1)$$

где k – константа скорости процесса, выражаемая модифицированным уравнением Аррениуса

$$k = k_0 T^m \exp(-E/RT) \quad (2)$$

$F=F(z)$ – функция, вид которой зависит от механизма процесса; Z – параметр, изменения которого характеризуют протекание процесса (степень превращения, плотность материала, степень усадки и т.д.); τ – время; T – температура; E – энергия активации; k_0 , m – константы, величина которых зависит от конкретного процесса; R

– газовая постоянная.

Для механизма вязкого течения при спекании с участием жидкой фазы кинетическое уравнение (1), может быть записано в виде:

$$z' = k_0 \exp(-E/RT) F \quad (3)$$

Исходным положением для расчетов процессов спекания методом неізотермической кинетики является адекватность кинетического уравнения (3) при произвольно изменяющейся во времени температуры $T=T(\tau)$, т.е. для изо- и неізотермических условий.

Характеристикой поведения глины в обжиге может служить дилатометрическая кривая. Исследования процесса спекания в неізотермических условиях проводили на дериватографе Ф. Паулик, И. Паулик и Д. Эрдей, оборудованном корундовой дилатометрической приставкой. Одновременно регистрировали изменение линейных размеров образцов (усадку) и температуру в зоне обжига во времени. Заданная скорость подъема температуры составила: $T_1=3,75$ и $T_2=7,5$ град/мин.

Графический расчет кинетических характеристик процесса спекания (кажущаяся энергия активации) проводился для Просьяновского каолина, греческого бентонита и гидрослюда химический состав которых представлен в табл.1.

Из полученных на дериватографе дилатограмм при двух скоростях нагрева построены графики зависимости относительной усадки $Z = \Delta l / l$ и абсолютной температуры от времени $Z = f(\tau)$ и $T = f(\tau)$ (рис. 1, а, б).

Графическим дифференцированием кривых изменения относительной усадки Z во времени, построены скорости процесса спекания

$$Z' = \frac{dZ}{d\tau} \quad (\text{рис. 2}).$$

Таблица 1

Химический состав мономинеральных глин

Глина	Содержание оксидов, в мас. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ппп	Σ
Просняковский каолин (обогащенный)	47,00	37,18	0,59	0,43	0,86	0,46	0,66	0,1	0,43	10,97	100,24
Бентонит греческий	58,64	14,15	6,22	1,41	5,18	2,44	0,22	1,62	-	9,88	99,76
Гидрослюда	61,70	22,13	2,45	-	1,23	0,94	4,65	0,59	0,1	4,01	97,8

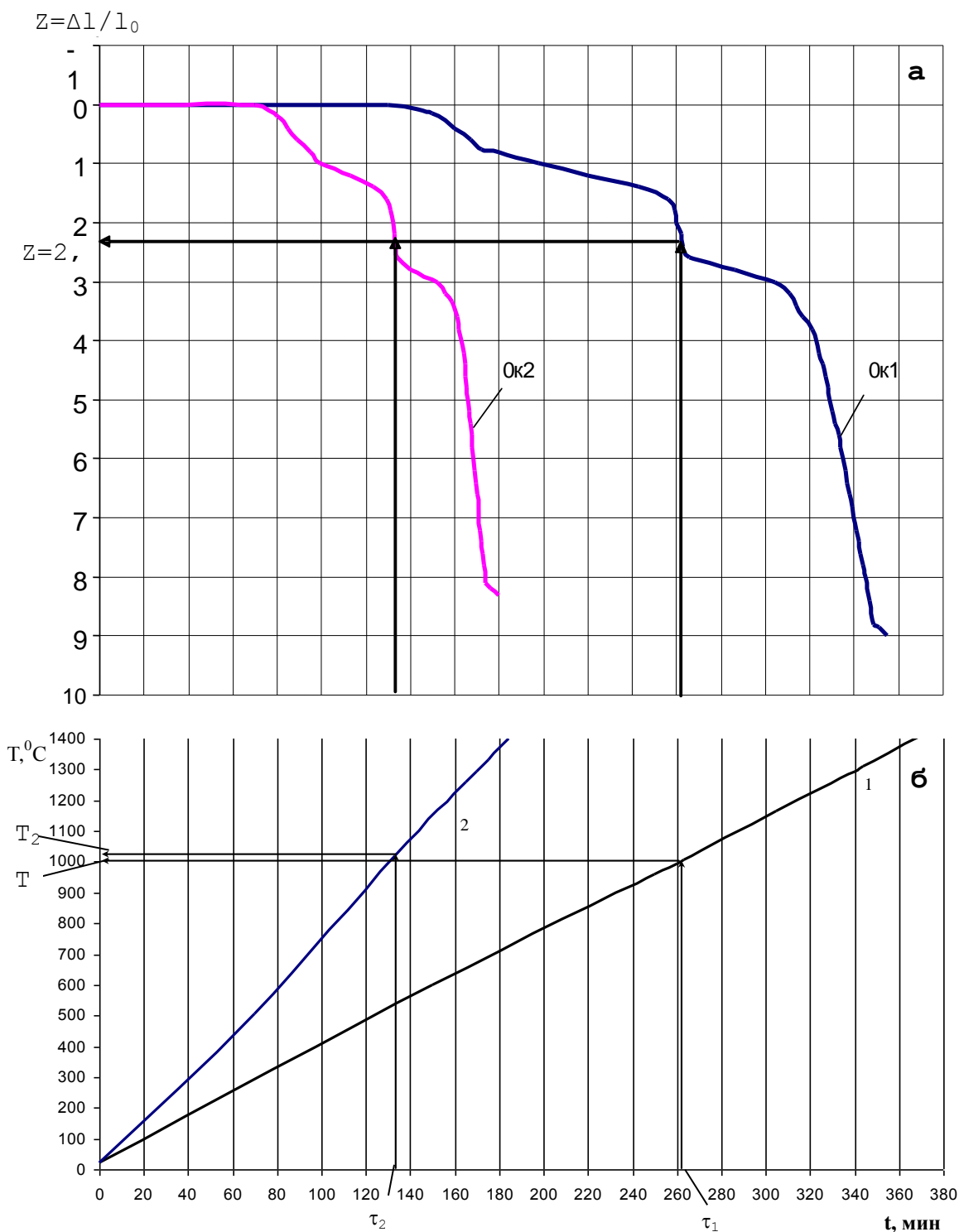


Рис. 1. Изменение а) относительной усадки, $Z=f(\tau)$; б) температуры $T=f(\tau)$ при скорости нагрева, град/мин: 1 – 3,75; 2 – 7,5 для состава масс на основе Просняковского каолина 0к

После построения исходных экспериментальных графиков (рис. 1, 2) рассчитана энергия активации процесса.

Согласно кинетического уравнения:

$$Z' = \frac{dZ}{d\tau} = kF(Z), \quad (4)$$

где Z' – скорость процесса спекания; k – константа скорости; Z – относительная усадка; $F(Z)$ – функция, определяемая механизмом процесса.

Скорость процесса спекания Z'_1 , Z'_2 в не-изотермических условиях, отличающихся по скоростям нагревания, определяли в каждый момент времени

По данным зависимостей $Z(\tau)$; $Z'(\tau)$ и $T(\tau)$ в не-изотермических условиях для различных значений Z (рис. 1, а) определены температуры и соответствующие им скорости процесса спекания (рис. 1, б и 2). На основании полученных данных вычисляли энергии активации:

$$E = R \ln(Z'_1/Z'_2) / (10^3/T_2 - 10^3/T_1), \text{кДж/моль} \quad (5)$$

На графиках относительной усадки образцов из Просяновского каолина выделены три стадии спекания с наибольшими скоростями (рис. 2). На этих участках рассчитана кажущаяся энергия активации.

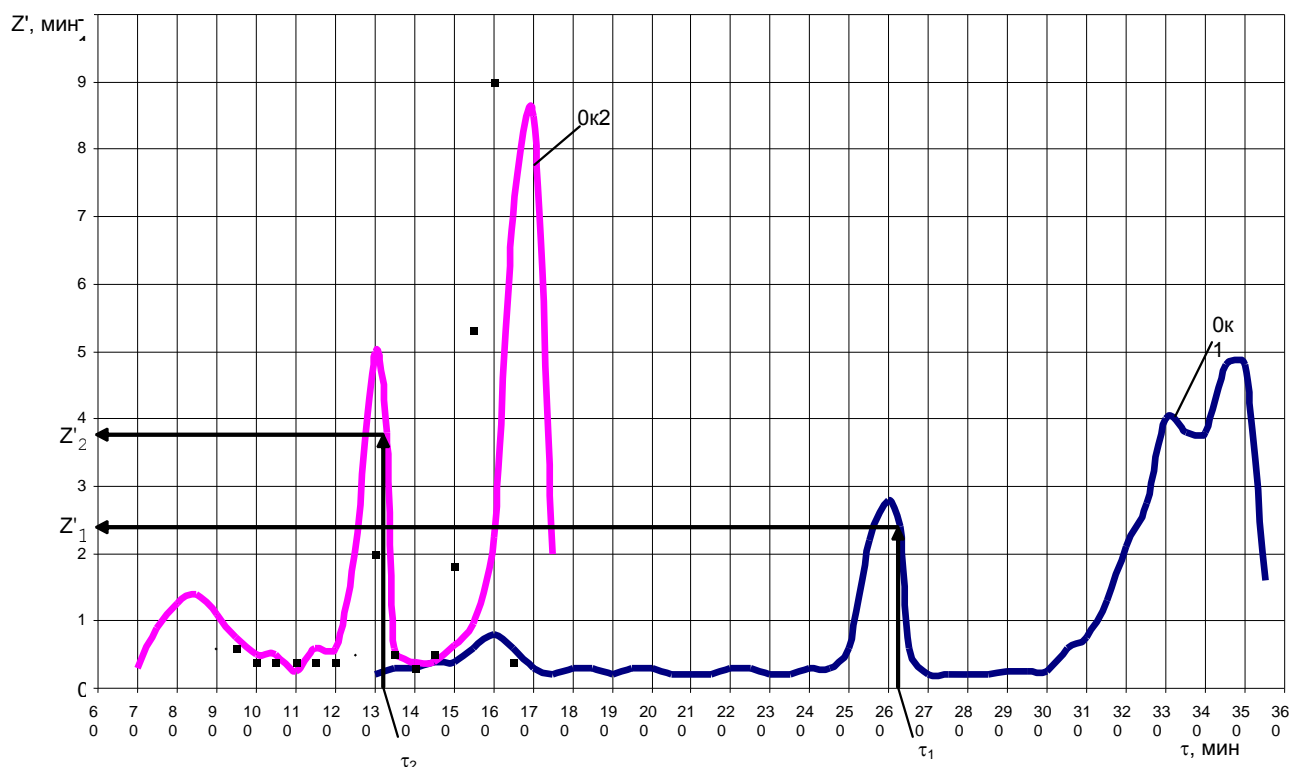


Рис. 2. Изменение скорости процесса Z' относительной усадки Просяновского каолина состава 0к при скорости нагрева град/мин: 1 – 3,75; 2 – 7,5

При относительной усадке $Z=2,2$ из графиков (рис. 1, а) определены моменты времени $\tau_1=263$ мин и $\tau_2=133$ мин, а из рис. 1, б соответствующие им абсолютные температуры $T_1=1279$ К и $T_2=1292$ К. Из графика зависимости $Z'(\tau)$

(рис. 2) определены соответствующие τ_1 и τ_2 скорости процесса $Z'_1=2,4$ мин⁻¹ и $Z'_2=3,8$ мин⁻¹. После подстановки значений T_1 , T_2 , Z'_1 , Z'_2 в формулу (5) вычислена энергия активации:

$$E = 8,314 \ln(2,4/3,8) / (10^3/1292 - 10^3/1279) = 546, \text{кДж/моль}$$

Аналогично были рассчитаны значения энергии активации процесса спекания Просяновского каолина, греческого бентонита и гидрослюды для всех значений относительной усадки Z . Кривые изменения линейных размеров (рис. 1, а) и характер дифференциальных кривых параметра Z' (рис. 2) позволили заключить, что процесс спекания каолина характеризуется тремя температурными областями, соответствующими

последовательной усадке (табл. 2). Энергия активации каждой из трех последовательных стадий спекания следующие: $E_1=158$ кДж/моль, $E_2=801$ кДж/моль, $E_3=772$ кДж/моль. Среднее значение энергии активации для тридцати пяти изоординатных сечений составило $E_{cp}=691$ кДж/моль. По данным [5] энергия активации дегидратирования каолинита в интервале температур 680-760 °С – 1060 кДж/моль.

Таблица 2

Температурные области изменения линейных размеров образцов мономинеральных глин

Наименование материала	Скорость нагрева, 3,75 град/мин	Скорость нагрева, 7,5 град/мин	Энергия активации, кДж/моль
	Температурные области изменения линейных размеров образцов, °С	Температурные области изменения линейных размеров образцов, °С	
Каолин Просьяновский	500-960↓ 960-1150↓ 1150-1320↓	545-960↓ 960-1150↓ 1150-1350↓	691
Бентонит греческий	85-640↓ 640-1120↑ 1120-1170↓ 1185↑	50-605↓ 605-1130↑ 1130-1220↓ 1270↑	415
Гидрослюда	55-900↑ 900-1260↓	75-930↑ 930-1320 ↓	142

↓-уменьшение линейных размеров ↑-увеличение линейных размеров

Характер кривых усадки образцов из бентонита существенно отличается от кривых изменения линейных размеров образцов на основе каолина. В отличие от трех стадий спекания каолина, в бентоните выявлены четыре стадии изменения линейных размеров образцов: усадка, вызванная удалением межпакетной (H_2O) и внутриспакетной (OH) воды, стадия увеличения размеров образцов, усадки и стадия обратимости усадки, когда образцы не достигая своих первоначальных размеров вспучиваются. Таким образом, характер спекания бентонита сопровождается увеличением линейных размеров образцов, узким температурным интервалом спекания. Бентонит в отличие от каолина имеет меньшую энергию активации – 415 кДж/моль

На кривых изменения линейных размеров гидрослюда можно выделить две стадии, соответствующие увеличению линейных размеров образцов и их уменьшению – усадке. Образцы достигают первоначальных размеров при 1140°C и 1240 °C соответствующим скоростям нагрева.

Кривые усадки гидрослюда пологие, поэтому при расчете энергии активации не наблюдается скачкообразного изменения ее значений. Среднее значение энергии активации для пятидесяти трех изоординатных значений составило 142 кДж/моль, т.е. значительно ниже, чем для каолина и бентонита.

Исследованием мономинеральных глин каолинистового, монтмориллонитового и гидрослюдистого составов установлено: наибольшей энергией активации спекания, сопровождаемой деструкцией кристаллической решетки, обладают каолины. Бентонит (монтмориллонит) отличается пониженной энергией активации по сравнению с каолином. При деструкции кристаллической решетки тонкодисперсной составляющей гидрослюда, щелочи и кремнезем тетраэдрических слоев образуют жидкую фазу при относительно пониженных температурах. Круп-

ные катионы K^+ , ионный радиус которого 1,33 Å в момент их выделения способствуют разрушению упорядоченной структуры гидрослюда и увеличивают подвижность жидкой фазы.

Существенным образом на спекаемость глинистых масс влияет зерновой и химический составы. По содержанию тонкодисперсной фракции бентонит относится к высокодисперсному глинистому сырью, гидрослюда и каолин к низкодисперсному. Бентонит спекается при более низких температурах (1170 °C). Температуру спекания гидрослюда можно снизить более тонким измельчением пластинчатых кристаллов, в результате ослабления s-связей и нарушения кристалличности.

Таким образом, выявлена закономерность взаимосвязи структуры глинистых минералов и энергии активации процесса спекания в неизотермических условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беседин П.В., Ивлева И.А., Моспан В.И. Теплоэффективный стеновой материал // Стекло и керамика. 2005. № 6. С. 24-25.
2. Немец И.И., Ивлева И.А. Прочнопористая стеновая керамика // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 8. С. 37-41.
3. Беседин П.В., Ивлева И.А., Моспан В.И. Перспективы использования отходов пеностекла в строительной керамике // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 2004. № 8. С. 95-98.
4. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Известково-белитовые вяжущие на основе отходов ГОКов // Фундаментальные исследования. 2013. №8. С. 1368-1372.
5. Браун М., Доллимор Д., Галвей А. Реакция твердых тел. М.: Изд. Мир, 1983. 360с.

Минько Н.И., д-р техн. наук, проф.,
Лавров Р.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИЛИКАТНОЕ СТЕКЛО НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНОГО КОНЦЕНТРАТА С УЛУЧШЕННЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

minjko_n_i@mail.ru

Получен щелочной концентрат в составе с традиционными сырьевыми материалами, содержащими карбонаты щелочеземельных металлов, позволяющий уменьшить остаточное значение NaOH в конечном продукте с одновременной интенсификацией процесса силикатообразования и уменьшением декрепитационных свойств традиционных сырьевых материалов. Предложен способ изготовления силикатного стекла с улучшенным освещением на основе щелочного концентрата по сравнению со стеклом на традиционной основе.

Ключевые слова: предварительная обработка сырьевых материалов, гидроксиды щелочных и щелочеземельных металлов в стекле, освещение, газовые включения, «мошка», интенсификация силикатообразования, декрепитация.

Щелочной концентрат (далее ЩК) для производства стекла представляет собой термообработанную смесь кварцевого песка и каустика. Применение ЩК позволяет интенсифицировать процессы силикато – и стеклообразования, снизить температуру варки стекла до 150 °С, уменьшить унос пылевидных составляющих шихты, снизить выброс углекислого газа в атмосферу, заменить наиболее дорогой по стоимости сырьевой компонент стекольной шихты – кальцинированную соду – на каустик или щелоче-содержащий отход [1].

Однако получение и применение ЩК вызвало ряд проблем.

Во-первых, температура синтеза ЩК в прототипах его получения выбрана в соответствии с температурой $\beta \rightarrow \alpha$ перехода из низкотемпературной полиморфной модификации кристаллического кремнезема в высокотемпературную (580 °С) для использования эффекта увеличения объема кварцевого зерна [2]. Но ввиду короткого временного интервала (от 3- 10 мин) взаимодействия каустика и кварца, появление α – модификации носит следовый характер, что подтверждается полученными данными рентгенофазового анализа (РФА) [3].

Во-вторых, значение остаточного NaOH в получаемом продукте превышает 5 % и фиксируется методом РФА [3]. На практике это означает, что работать с таким ЩК можно лишь используя специальные методы защиты органов дыхания [4].

В-третьих, рассчитанное, теоретическое содержание Na_2O в ЩК не соответствует практическому значению ввиду летучести NaOH [5]. В-четвертых, варки стекол с использованием ЩК показали большее количество мошки, чем на традиционных сырьевых материалах [6,7].

Исследования, проведенные на кафедре стекла и керамики БГТУ им. Шухова показали,

что порошкообразный, сыпучий вид ЩК обусловлен свойством возгонки, присущим NaOH, поэтому увлажнение смеси твердого каустика и кварцевого песка не требуется. Температуру синтеза ЩК возможно снизить до 325 °С ввиду того, что твердый чешуированный каустик возгоняется при температуре более 320 °С [8]. Фазовый состав ЩК, полученного при температуре 325 °С полностью соответствует составу ЩК, полученному при 600 °С и представлен двумя основными кристаллическими фазами – β - кварцем и метасиликатом натрия со следами дисиликата. Отмечается остаточное присутствие NaOH (рис.1).

Для уменьшения остаточного NaOH в состав щелочного концентрата вводили традиционные сырьевые материалы: магнезит (карбонат магния) или доломит, имеющий в составе MgCO_3 . Из всех традиционных сырьевых материалов содержащих карбонаты щелочеземельных металлов, MgCO_3 имеет наименьшее значение температуры диссоциации. Разложение MgCO_3 на оксид и углекислый газ начинается от 450 °С, при 550 °С давление насыщенных паров CO_2 составляет 747 мм.рт.ст [9].

Выделяющийся в процессе разложения карбоната магния CO_2 мог бы связать одну часть остаточного NaOH в концентрате до Na_2CO_3 , другая часть вступила бы в реакцию с MgCO_3 с образованием гидроксида Mg и водяных паров.

Проведенные эксперименты подтвердили это предположение. В ЩК, в состав которого вводили сырьевые материалы, содержащие MgCO_3 , остаточный NaOH методом РФА не выявлен, что свидетельствует об уменьшенном (меньше 5%) содержании каустика по сравнению с прототипом ЩК. Фазовый состав ЩК, синтезированный на основе кварцевого песка, каустика и сырьевого материала, содержащего MgCO_3 представлен основными кристалличе-

скими фазами в виде β - кварца, метасиликата натрия со следами дисиликата, силикатов маг-

ния /кальция (рис.1).

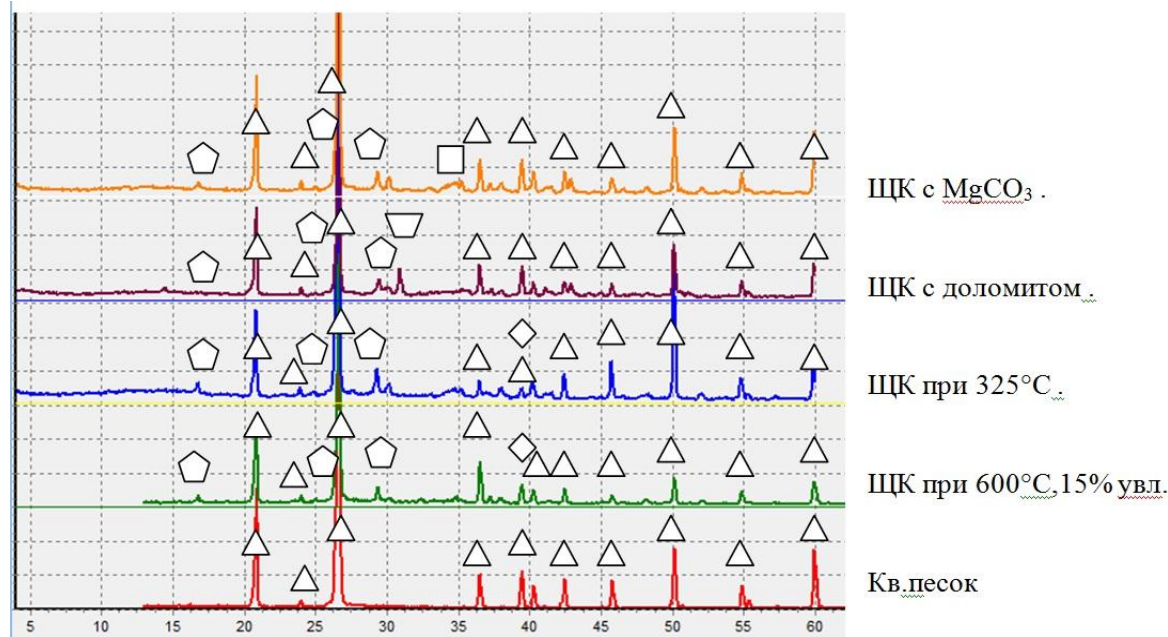


Рис. 1. Сравнительные рентгенограммы кварцевого песка, ШК на основе кварцевого песка и каустика с увлажнением 15% с обработкой при 600 °С, ШК на основе кварцевого песка и каустика с обработкой при 325 °С, ШК на основе кварцевого песка, каустика и доломита, ШК на основе кварцевого песка, каустика и $MgCO_3$; Δ - β - кварц, ∇ - силикат натрия, \diamond - $NaOH$, \square - двойной силикат Ca и Mg , \square - силикат Mg

ШК с уменьшенным значением $NaOH$ получается в виде рассыпающегося спека, легко отделяемого от стенок тигля, в порошкообразном виде не слеживается длительное время (более полугода) (рис.2).

При нагревании традиционных сырьевых материалов, содержащих карбонаты щелочеземельных металлов, происходит декрепитация (пыление, растрескивание) на мелкие пылевид-

ные частицы, часть которых уносится печными газами и откладывается на огнеупорах и в регенеративной системе стекольной печи, другая часть остается в расплаве, является источником “мошки” в стекломассе, для осветления которой необходимо выдерживать стекломассу длительное время по сравнению с образованием расплава при высокой (порядка 1500 °С) температуре и использовать осветлители, например, сульфат.



а)



б)

Рис. 2. а) ШК на основе кварцевого песка, каустика и карбоната магния, б) ШК на основе кварцевого песка, каустика и доломита.

Выделяющийся углекислый газ, образующийся при разложении карбоната натрия при (852, 854) °С, значительно улучшает процесс осветления расплава стекольной шихты на традиционных сырьевых материалах. Большее значение мошки в стеклах на основе прототипа ШК

по сравнению с традиционными составами можно объяснить отсутствием в составе стекольной шихты карбоната натрия при одновременном присутствии карбонатов щелочеземельных металлов, что требует обязательного использования осветляющих добавок в составе

шихты на основе ШЦК [3].

Анализ литературных источников показал, что с целью уменьшения эффекта декрепитации сырьевые материалы, содержащие карбонаты щелочеземельных металлов, подвергаются предварительной обработке раствором каустика различной концентрации [10]. Кроме того, карбонаты щелочных и щелочеземельных металлов, а также алюминий-содержащее сырье частично или полностью замещаются на соответствующие гидроксиды с целью введения в расплав паров воды, образующихся при разложении гидроксидов [11].

С целью уменьшения “мошки” в стекле на основе ШЦК было решено провести сравнительные варки стекол одинакового химического состава на основе шихт, в которых сырьевые компоненты стекольной шихты, содержащие карбонаты щелочеземельных металлов, вводились в состав ШЦК, либо заменялись на соответствующие гидроксиды в составе шихт, в т.ч. алюминий-содержащий (табл.1).

Состав исследуемого стекла: SiO_2 – 71,86; Na_2O – 13,82; Al_2O_3 – 2,12; CaO – 10,1; MgO – 2,1.

Таблица 1

Сырьевые материалы и рецепты шихт исследуемых стекол

Сырьевые материалы	Рецепты шихт (в.ч)					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Кв. песок	71,63	71,63	64,05	71,23	63,8	63,53
Сода	-	-	-	-	-	22,15
ПШК	-	-	10,96	-	10,82	11,42
Мел	-	-	-	12,43	12,32	12,34
Доломит	-	-	9,52	10,46	10,47	10,49
MgCO_3	-	4,03	-	-	-	-
Сульфат	-	-	-	-	0,69	0,72
NaOH	18,88	18,88	17,14	18,89	17,17	-
Ca(OH)_2	13,66	13,63	9,48	-	-	-
Mg(OH)_2	2,57	-	-	-	-	-
Al(OH)_3	3,1	3,1	-	2,93	-	-

С целью корректировки значения Na_2O в составе ШЦК, при составлении шихты вводился поправочный коэффициент 1,05 для гидроксида натрия [7].

В шихты №5, №6 в качестве осветляющей добавки вводился сульфат натрия в количестве 0,6% от веса шихты. Все шихты увлажнялись 3,5 % воды. Варка проводилась в корундовых тиглях объемом 100 мл. без досыпки шихты в лабораторной печи с силлитовыми нагревателями, время подъема температуры от 1300 °С до максимальной температуры варки 1480°С составило 1 час, после чего печь была выключена. Для снятия термических напряжений в стекломассе температура в печи была снижена до 800°С с последующей герметизацией загрузочного отверстия.

Охлажденные тигли разрезались на алмазном круге с последующей шлифовкой и полировкой среза. Образцы исследовались на нали-

чие непровара, крупных и мелких пузырей, мошки (рис. 3).

Визуальный анализ образцов стекол показал отсутствие непровара. Наибольшее количество пузырей как крупного, так и мелкого размера содержал образец №6 на основе традиционных материалов с добавлением сульфата в качестве осветлителя.

Наименьшее количество пузырей как крупного, так и мелкого размера содержал образец №2 на основе ШЦК, в состав которого вводился MgCO_3 с целью снижения остаточного NaOH . Образец №5 сварен на основе ШЦК, полученного при термообработки смеси кварцевого песка и каустика при 325 °С в течение 3 минут, с добавлением в шихту сульфата с целью осветления стекломассы и содержал меньшее количество пузырей крупного и мелкого размера по сравнению с образцом №6, сваренном на традиционных материалах.

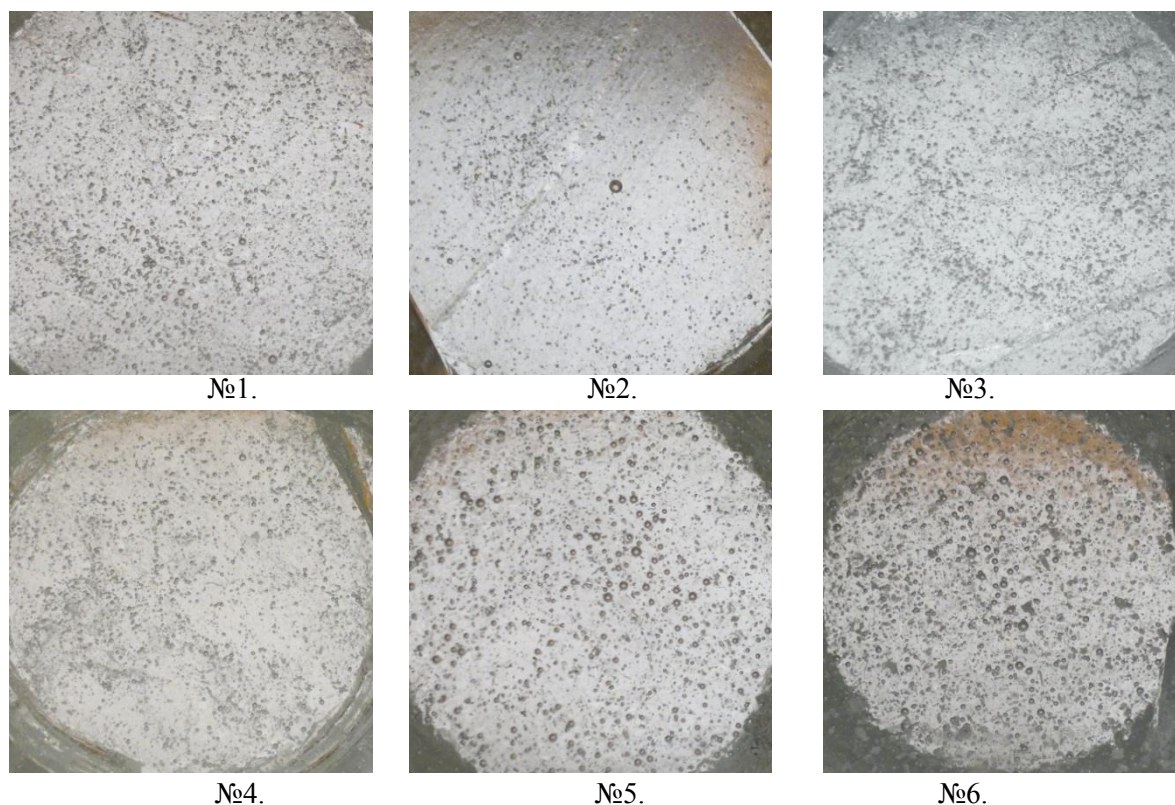


Рис. 3. Образцы исследуемых стекол на основе шихт таблицы 1

Выводы:

- получение ЦК в классифицируемом порошкообразном виде возможно при 325°C с фазовым составом в виде β - кварца и метасилика натрия со следами дисиликата;

- введение в состав ЦК традиционных сырьевых материалов, содержащие карбонаты щелочеземельных металлов, позволяет не только снизить содержание остаточного NaOH, но и дополнительно интенсифицировать процессы силикатообразования в стекольной шихте за счет образования силикатов магния и/ кальция, а также снизить “пыление” таких сырьевых компонентов при нагревании в стекольной печи;

- использование в шихте на основе ЦК осветлителей (сульфата) позволяет получить стекло с лучшим осветлением по сравнению со стеклом на традиционных компонентах, содержащим в своем составе аналогичный осветлитель в том же весовом соотношении, что свидетельствует о возможности уменьшения количества осветлителя (сульфата) в составе шихты на основе ЦК с аналогичными показателями осветления стекломассы на традиционном составе;

- лучшие характеристики по осветлению стекломассы с одновременным снижением температуры варки возможно получить на основе ЦК в составе с традиционными сырьевыми материалами, содержащими карбонат(ы) щелочеземельных металлов с одновременной заменой

не вошедших в состав ЦК карбонатов щелочеземельных металлов и алюминий-содержащего сырья, входящих в состав шихты, на соответствующие гидроксиды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молчанов В.Н., Везенцев А.И., Тарасов И.Д., Коломыцев Е.Е. Об использовании заменителя кальцинированной соды в технологии стекловарения // Стекло мира. 2006. №2. С. 55-56.
2. Пат. RU2197440, 29.03.2003. Молчанов В.Н., Поляков В.Н., Анпилогов А.И. Сырьевой концентрат для производства стекла и керамики и способ его получения // <http://www1.fips.ru/>.
3. Минько Н.И., Лавров Р.В. Бессодовая технология силикатных стекол. // УДК 666.1. Сборник докладов 7-ой международной конференции «Стеклопрогресс XXI». Саратов: ООО «Буква». 2014. С.31-37.
4. Захаров И.С., Голубев М.Н., Шевченко О.У. Изготовление стеклянных изделий с применением заменителя соды – щелочного концентрата // Сборник научных статей Курского ГТУ. Курск. 2000. С.55-57.
5. Минько Н.И., Лавров Р.В., Варавин В.В. Гидроксид натрия в стекольной технологии. // Сборник докладов 5-ой международной конференции «Стеклопрогресс XXI» 25-28 мая 2010. Саратов, 2010. С. 130-136.

6. Пат. RU 2107666, 27.03.1998. Голубев М.Н., Захаров И.С. Способ подготовки шихты для производства стекла//<http://www1.fips.ru>.

7. Минько Н.И., Лавров Р.В. Щелочной концентрат для производства стекла// Стекло и керамика. 2014. №10. С. 25-30.

8. Зарецкий С.А., Сучков В.Н., Шляпников В.А. Технология электрохимических производств / Издательство «Высшая школа». 1970. С. 50-51.

9. Киреев В.А. Краткий курс физической

химии. Изд-во химической литературы, М. 1963. С. 255.

10. Пат. WO2010031834, 26.10.2007. Pickbrenner Arnd. Manufacture of material on the basis of calcium-and/or magnesium carbonate having a reduced decrepitation tendency // <http://worldwide.espacenet.com>.

11. Пат. US2013281281, 24.10.2013. Dejnka Matthew. Silicate glasses having low seed concentration // <http://worldwide.espacenet.com>.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Козелков О.А., канд. техн. наук
ОАО «Научно-производственное предприятие «Кант», г. Москва

МОДЕЛИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ И ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

kozelkov@pochta.ru

Рассматривается задача выбора наиболее предпочтительного варианта технологического процесса с учетом его реализуемости в условиях конкретного производственного предприятия. Разработана системная модель, позволяющая выделить информационные, функциональные и структурные параметры технологического процесса с учетом влияния внешней среды. Указанные параметры используются как информация, необходимая для принятия решений по выбору наиболее предпочтительного варианта технологического процесса из множества альтернатив. Для решения этой задачи предлагается модель многокритериального оценивания с использованием функции полезности, что позволяет учитывать разнородные требования, предъявляемые к допустимому множеству вариантов. При формировании функции полезности учитывается неопределенность данных в вероятностной и нечеткой формах. Такие характеристики технологического процесса, как цель, структура и внутренние свойства, учитываются при формировании частных критериев оценки предпочтительности. Рассмотрены возможные способы задания экспертами значений весовых коэффициентов с учетом специфики исследуемого объекта и характера информации на прединвестиционном этапе производства продукции.

Ключевые слова: технологический процесс, многокритериальное оценивание, функция полезности.

Введение. На прединвестиционном этапе инновационного планирования необходимо производить оценку проекта по основным функциональным аспектам, в том числе технологическом [1]. Инвестиционные предложения должны содержать материалы оценки альтернативных вариантов, перечень критериев оценки вариантов для принятия рационального решения. Таким образом, одной из задач прединвестиционного этапа является определение альтернативных вариантов реализации технологического обеспечения проекта и выбор наиболее предпочтительного [2]. Для выполнения этих работ необходима разработка и внедрение инструментария средств моделирования и аппарата принятия решений по оценке и выбору предпочтительных альтернатив планов реализации проекта.

Эффективность решения задачи выбора и оценки реализуемости технологического процесса (ТП) в рамках общей стратегии развития предприятия во многом определяется уровнем совершенства технологической подсистемы предприятия в соответствии с требованиями планов его модернизации.

Методология. Применение системного подхода позволяет представить технологический процесс как систему взаимосвязанных параметров, характеризующих его цели и структуру. Это могут быть такие параметры:

- номенклатура и объем выпуска товарной продукции;
- средства технологического оснащения (оборудование, приспособления, инструмент);
- профессиональный состав и количество исполнителей работ;
- расход материалов и комплектующих изделий;
- ресурсоемкость;
- экологические характеристики и др.

Дальнейший анализ выделенных параметров позволит обеспечить ритмичность производственного процесса, контролировать и координировать деятельность подразделений предприятия [3].

Для выбранного множества вариантов технологических процессов необходимо провести оценку каждого из них и построить ранжированный ряд по значению показателя реализуемости. Учитывая многовариантность задачи и многокритериальность описания вариантов, наиболее приемлемым аппаратом решения этой задачи является теория многокритериального оценивания и оптимизации с использованием функции полезности альтернатив.

Основная часть. Представим совокупность информационных, функциональных и структурных параметров технологического процесса в виде обобщенной системной модели с учетом влияния внешней среды (рис. 1).

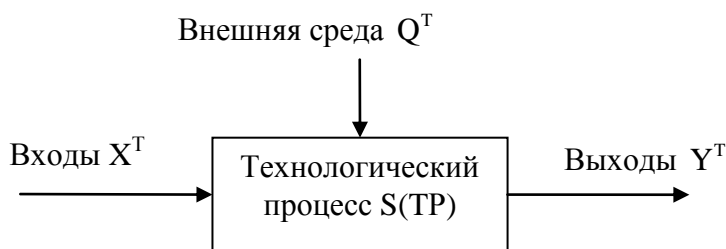


Рис. 1. Обобщенная системная модель технологического процесса

Согласно рис. 1 технологический процесс определяется следующим образом:

$S(TP) = \{Idn^T, Prp^T, Str^T, X^T, Y^T, Q^T, C^T\}$, (1)
 где Idn^T – идентификатор ТП, представляющий собой совокупность двух полей: <обозначение ТП> и <наименование>; Prp^T – цель ТП; $Str^T = \{F, T, R^T\}$ – структура ТП, здесь F – фаза производства; T – элементы процесса (операции); R^T – связи между элементами ТП; X^T – входные параметры ТП, к которым относятся технологическая документация, средства и предметы труда; $Y^T = \{y_1^T, y_2^T, \dots, y_m^T\}$ – выходные характеристики ТП (критерии реализуемости): номенклатура и объем выпускаемой продукции, ритмичность, рентабельность и др.; $Q^T = \{q_1^T, q_2^T, \dots, q_k^T\}$ – воздействия внешней среды, параметры которой часто носят случайный характер и проявляются в виде рисков, которые приводят к изменению материальных, энергетических и информационных параметров производственных процессов; $C^T = \{c_1^T, c_2^T, \dots, c_h^T\}$ – внутренние свойства ТП (ограничения реализуемости): состав средств технологического оснащения, ритмичность, гибкость, производительность, ресурсоемкость и др.

Обозначим решение о каждом из возможных вариантов технологического процесса x , а множество возможных решений – X^B . Учитывая экономические и технологические ограничения, из множества X^B выделяется множество допустимых решений X : $X \subset X^B$, которое может быть задано перечислением или с помощью характеристических функций в виде ограничивающих неравенств или равенств.

При этом каждое решение характеризуется набором частных (локальных) критериев, которые определяют некоторые частные аспекты, а их совокупность достаточно полно характеризует его реализуемость в целом [4]:

$$K(x) = \{k_i(x)\}, i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Нахождение оптимального решения x^o в общем случае связано с решением задачи:

$$x^o = \arg \text{extr}_{x \in X} K(x) \equiv \arg \text{extr} \{k_i(x)\},$$

$$\forall i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Используя понятие функции полезности частных критериев, математическую модель формирования многофакторной оценки альтернативы $x \in X$ можно представить в виде:

$$\Phi(x) = P[Z(a_i)', m_i[K_i(x)]] \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где $m[K_i(x)]$ – функция полезности частных критериев;

$Z(a_i)'$ – информация об относительной важности функции полезности частных критериев.

Каждая альтернатива $x \in X$ характеризуется набором частных критериев, которые имеют свой интервал измерения и разную размерность. Перечисленным выше требованием отвечает функция полезности вида:

$$m_i[K_i(x)] = \left(\frac{K_i(x) - K_{iHX}}{K_{iHL} - K_{iHX}} \right)^{\alpha_i}, \quad (5)$$

где $K_i(x)$ – значение частного критерия; K_{iHL}, K_{iHX} – соответственно наилучшее и наихудшее значение частного критерия, которое он принимает на области допустимых решений $x \in X$; α_i – параметр, определяющий вид зависимости: при $0 < \alpha_i < 1$ – выпуклая вверх; при $\alpha_i = 1$ – линейная; при $\alpha_i > 1$ – выпуклая вниз.

Значения коэффициентов важности частных критериев определяются экспертами и лицами, принимающими решение (ЛПР), на основе собственного опыта, конкретной задачи и различных ограничений. Чаще всего информация о значении коэффициентов важности частных критериев представляется в детерминированном или вероятностном виде. Задача принятия решений в условиях стохастической неопределенности является двухкритериальной, поэтому решение следует выбирать с учетом его предпочтительности и вероятности реализации. Тогда стохастическая оценка предпочтительности решений $x \in X$, т.е. функция полезности, имеет вид [5, 6]:

$$\bar{P}(x) = \sum_{j=1}^m a_j^H \bar{k}_j(x), \quad (6)$$

где a_j^H – детерминированные безразмерные значения весовых коэффициентов; $\bar{k}_j(x)$ – безразмерные случайные величины с одинаковым интервалом возможных значений $[0, 1]$, то есть нормализованные по формуле (5) разнородные частные критерии.

При решении задачи в условиях неопределенности следует учитывать следующие допущения:

1) предполагается, что известны объективные или субъективные функции распределения вероятностей случайных характеристик $\bar{k}_j(x)$ решений. При этом рассматриваются только два закона распределения вероятностей: нормальный (Гаусса) и равновероятный;

2) случайные величины $\bar{k}_j(x)$, $j = \overline{1, m}$ взаимно независимы, т.е. некоррелированы;

3) интервал возможных значений $[c_j, b_j]$ всех случайных величин $\bar{k}_j(x)$, $j = \overline{1, m}$ известен. Анализ модели (6) показывает, что для вычисления $\bar{P}(x)$ необходимо реализовать операции умножения случайной величины на детерминированный коэффициент и суммирования полученных результатов. Кроме этого, пространство переменных $\bar{k}_j(x)$ содержит переменные вида $\bar{k}_i^2(x)$ и $\bar{k}_i(x) \cdot \bar{k}_r(x)$, для вычисления которых необходима операция умножения случайных величин.

В соответствии с центральной предельной теоремой обобщенная полезность (6) является случайной величиной, распределенной по нормальному закону [5].

Для вычисления обобщенной стохастической полезности решений необходимо вычислить математическое ожидание:

$$M[\bar{P}(x)] = M\left[\sum_{j=1}^m a_j^H \bar{k}_j(x)\right] \quad (7)$$

и дисперсию

$$D[\bar{P}(x)] = D\left[\sum_{j=1}^m a_j^H \bar{k}_j(x)\right]. \quad (8)$$

Математическое ожидание суммы случайных линейных функций равно:

$$M\left[\sum_{j=1}^m a_j^H Y_j\right] = \sum_{j=1}^m a_j^H M[Y_j], \quad (9)$$

где Y_j – случайные величины значений частных критериев.

Статистические параметры обобщенной

стохастической оценки предпочтительности решений вычисляются следующим образом:

$$M[\bar{P}(x)] = \sum_{j=1}^m a_j^H M[\bar{k}_j(x)];$$

$$D[\bar{P}(x)] = \sum_{j=1}^m (a_j^H)^2 D[\bar{k}_j(x)]. \quad (10)$$

В большинстве задач многокритериальной оптимизации значения частных критериев задаются в интервальном виде и статистическая информация о характере распределения значений внутри интервала неизвестна. Эксперт в таком случае может назначить функцию принадлежности внутри интервала. Тогда значение частного критерия будет представлено в виде нечеткого числа с функцией принадлежности.

Нечетко-случайную величину определим следующим образом. Пусть задана функция принадлежности $\mu(X, \theta)$ нечеткого числа X , содержащая параметр θ , который является случайной величиной с плотностью распределения $\varphi(\theta)$ [7]. Тогда при фиксированном X функция принадлежности $\mu(X, \theta)$ интерпретируется как функция случайной величины θ . При этом возможно получить плотность распределения случайной величины $\mu(X, \theta)$. Таким образом, выбранному значению X соответствует случайное значение степени принадлежности X множеству возможных значений. С другой стороны, фиксированному значению θ функции принадлежности $\mu(X, \theta)$ можно сопоставить условную функцию $\mu(X/\theta)$ принадлежности X множеству возможных своих значений. Теперь совместное использование этой условной функции принадлежности $\mu(X/\theta)$ и плотности распределения $\varphi(\theta)$ случайной величины θ позволяет рассчитать статистические характеристики степени принадлежности нечеткого числа X .

Выводы. Принятие решения о выборе наиболее предпочтительного варианта технологического процесса производится с помощью модели многокритериального оценивания на основе заданного набора критериев. Полезности альтернатив для дальнейшего анализа представляются в виде ранжированного ряда с соответствующими направлениями доминирования, что облегчает ЛПР принятие решения по выбору альтернативы. Предложен метод выбора ТП, основанный на оценке вариантов относительно некоторого обобщенного «идеального» варианта, при этом определяется обобщенная многофакторная оценка расхождения характеристик базового и оцениваемого ТП по перечню идентичных нормализованных характеристик. При этом получили дальнейшее развитие многокритериальные модели теории полезности для оценки и выбора технологических процессов в

условиях неопределенности исходных данных на прединвестиционном этапе планирования инновационного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ребрин Ю.И. Основы экономики и управления производством. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. 145 с.
2. Кузякова Т.В. Совершенствование методов оценки технического уровня производства на машиностроительных предприятиях // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2009. С.71 – 77.
3. Милаев В.А., Фаткин А.А., Рулаева Т.В. Автоматизация процесса управления в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: мат-лы Междунар. конф. и выставки CAD/CAM/PDM-2001. М. 2001. С. 261 – 270.
4. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, расчет и приложения. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.
5. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юнити-Дана, 2001. 543 с.
6. Шопин А.Г. Построение функций принадлежности нечеткого множества и оценка его вероятностных характеристик // Электронный журнал «Исследовано в России». 2003. С.453 – 467.
7. Раскин Л.Г., Серая О.В. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения. Х.: Парус, 2008. 352 с.

Щетинина Е.Д., д-р. экон. наук, проф.,
Дубино Н.В., канд. экон. наук, доц.,
Дадалова М.В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ КОММУНИКАЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

n.v-d@mail.ru

Статья посвящена актуальным вопросам формирования стратегических коммуникаций промышленного предприятия. Выделены основные понятия, цели и основополагающие принципы стратегических коммуникаций. Рассмотрены основные элементы управления репутационными активами с помощью стратегических коммуникаций. Определена роль стратегических коммуникаций в планировании стратегии предприятия. Представлена Матрица – QUEST анализа для планирования бюджета стратегических коммуникаций

Ключевые слова: Коммуникации, обмен информацией, цели коммуникаций, стратегические коммуникации, принципы стратегических коммуникаций, стратегические коммуникационные каналы, бюджет стратегических коммуникаций.

В эпоху становления информационного общества коммуникативная практика намного опережает теоретическое обоснование происходящих социально-экономических процессов. Современное состояние рынка характеризуется повышением значимости и ценности коммуникации.

Коммуникации (от лат. *communication* – сообщение, связь) – обмен информацией, идеями, мнениями между субъектами взаимодействия с определенной целью. Коммуникации обусловлены социальной сущностью общества, они имеют огромное значение в личной, профессиональной, организационной и социально-экономической сфере бизнеса.

Обмен информацией – важнейшая составная часть деятельности менеджеров всех уровней: по данным экспертов, они тратят на коммуникацию около 75-95% рабочего времени. В связи с этим эффективность работы менеджеров в значительной степени зависит от эффективности его коммуникаций в бизнесе.

Цели коммуникаций в бизнесе многообразны, в частности, они состоят в следующем: обеспечении продуктивного взаимодействия на основе обмена деловой информацией, совершенствовании коллективных отношений, регулирование и оптимизация поведения персонала, установление эффективных информационных каналов внутри и вне предприятия, обеспечение достижения поставленных целей.

Согласно разным исследованиям, 75% американских, 63% английских и 82% японских руководителей считают неудовлетворительные коммуникации главным препятствием на пути достижения эффективности их предприятий. По другим данным, примерно 250 тыс. работников из 2000 компаний обмен информацией представляют себе как одну из самых сложных про-

блем. Необходимо формирование системы управления коммуникациями. Сегодня в управлении коммуникациями на предприятии, то есть взаимодействии сотрудников внутри предприятия и во внешней среде, наметилась тенденция к стратегическому подходу [3].

Определим понятие «стратегические коммуникации». В своем смысловом оформлении они несут в себе двойную нагрузку, так как коммуникация – это смысловой и идеально-содержательный аспект социально-экономического либо иного взаимодействия. Определяющим для этого понятия есть слово «стратегические». Поскольку стратегия в наиболее общем понимании отражает сущность и характер деятельности, а также является способом достижения долгосрочных целей, стратегические коммуникации являются определяющими связями между субъектами социально-экономического или иного взаимодействия, которые позволяют им достичь своих важнейших задач [7]. Они могут быть направлены как на порождение новых стереотипов с определенным имиджем, так и на разрушение старых, могут продвигать и реакционные, и прогрессивные идеи на определенную перспективу и с определенной целью.

Так, различные авторы по-разному раскрывают сущность понятия стратегических коммуникаций.

Р. Сандерс под стратегическими коммуникациями понимает «любую осмысленную и состоявшуюся коммуникацию, при которой все высказывания направлены на решение определенных коммуникативных задач» [6].

Г. Минцберг полагает, что стратегические коммуникации – это «одна из управленческих компетенций, определяющих конкурентоспо-

способность организации» и достигается она с помощью информационных технологий [5].

Российский академик М. Моисеев пришел к выводу, что народы, которые не сумели овладеть информационными технологиями, оказываются на периферии исторического процесса через то, что именно в этом направлении движется экономика, выводя на первое место инновационные технологии [4].

Так, А.А. Воронов и Л.В. Глухих полагают, что «стратегические коммуникации направлены на захват стратегической инициативы и реализацию стратегических замыслов, под стратегическим замыслом они понимают реализацию плана действий, резко и благоприятно изменяющих рыночную ситуацию в пользу инициатора стратегического замысла, под стратегической инициативой – постоянное давление на основные детерминанты рыночной среды с целью получения конкурентных преимуществ и обеспечения определенности и устойчивости в развитии» [1]. По их мнению, стратегические коммуникации возможны на основе функционирования информационного центра компании, представляющего собой базу данных о состоянии предприятия и его взаимодействиях с внешней средой за всю историю его функционирования.

Как отмечает, Г. Почепцов, стратегические коммуникации задают набор ситуаций, которые затем заполняются в пределах тактических коммуникаций [6]. Однако их оценка и тип наполнения определяются на принципиально другом уровне, с определенной перспективой. По его мнению, только таким образом можно выполнить задачи, поставленные в рамках стратегии того или иного предприятия.

Таким образом, стратегические коммуникации являются инструментом управленческого взаимодействия, так как влияют на формирование хозяйственной деятельности предприятия, его корпоративной культуры, ценностей и стратегий. На различных уровнях управления происходит формирование коммуникативного потенциала как отдельных сотрудников, так и предприятия в целом.

С учетом изложенного под стратегическими коммуникациями будем понимать совокупность целенаправленного взаимодействия как внутренних, так и внешних процессов информационного обмена, обеспечивающих удовлетворение коммуникационных потребностей и реализацию долгосрочных целей развития предприятия. Стратегические коммуникации должны строиться на определенных принципах.

К основным принципам стратегических коммуникаций можно отнести:

- ориентацию на стратегические цели предприятия;
- преемственность стратегических методов и приемов на всех уровнях развития предприятия и персонала;
- совокупность развития внутренних и внешних коммуникаций;
- непрерывный характер и обратная связь [8].

Итак, стратегические коммуникации направлены на формирование долгосрочной программы достижения стратегических целей предприятия путем использования всех коммуникационных ресурсов и организации коммуникативного пространства. Основу такой программы составляет система общих установок, критериев, ориентиров, направленных на принятие управленческих решений в сфере коммуникаций, которые обеспечивают достижение стратегических целей.

Можно выделить внутренние и внешние стратегические коммуникации. Внутренние стратегические коммуникации направлены на решение задач формирования определенного типа коммуникативной культуры, позволяющей передавать ее ценности из поколения в поколение, наиболее эффективно реализовать конкурентные преимущества, направленные во внешнюю среду посредством внешних стратегических коммуникаций. Управление внешними стратегическими коммуникациями на данном этапе включает разработку имиджа, отвечающего стратегическим целям, а также выстраивание стратегии взаимодействия предприятия с потребителями, партнерами, конкурентами на длительный срок.

Итак, необходимость построения системы коммуникационного взаимодействия с целевой аудиторией принимает в настоящее время для предприятия принципиальное значение. В рыночных условиях, с одной стороны, возникает потребность в создании хорошей репутации как средства достижения конкурентного преимущества. С другой стороны, современные предприятия получили возможность с помощью двустороннего построения отношений с общественностью обеспечить себе не только устойчивые позиции на рынке, но и повысить экономическую эффективность.

Рассмотрим основные элементы управления репутационными активами с помощью стратегических коммуникаций (табл.1).

Именно технологии стратегических коммуникаций – успешного взаимодействия с аудиторией – являются тем самым связующим звеном от стратегической концепции к реальной жизни, от которых, соответственно, зависит и успеш-

ность реализации стратегии, и те результаты, которые предприятие сможет получить от ее реализации.

Таблица 1

Управление репутационными активами с помощью стратегических коммуникаций

Элементы управления	Средства управленческого воздействия
1. Субъект управления	Репутационный менеджмент
2. Объект управления	Предприятие и его репутация
3. Формы управления	Планы, политика, программы, стратегии
4. Способы управления	Стратегические коммуникационные каналы: — мнение потребителей; — политика, стратегия; — план PR; — близость к клиенту; — отслеживание слухов, жалоб; — конкурентный анализ, сотрудничество с конкурентами; — фирменный стиль; — социальный маркетинг; — четкая миссия; — награды, членство в значимых организациях и структурах; — бренд; — властные структуры и пр.

Таким образом, стратегическое взаимодействие направлено на решение бизнес-задач, формирование имиджа, развитие существующих и создание новых конкурентных преимуществ, с учетом следующих приоритетов:

- взаимодействие с целевой аудиторией;
- установление партнерских отношений с клиентами;
- сочетание сотрудничества и соперничества с конкурентами;
- поиск новых форм взаимодействия с партнерами;
- ориентация на государственную политику и обеспечение социальной значимости программ взаимодействия с органами государственной власти.

Отметим, что паблик рилейшнз как наука об управлении общественным мнением неизбежно заинтересована именно в стратегических коммуникациях, конкретное наполнение которых может варьироваться, но оно всегда решает определенные стратегические задачи: создание положительного имиджа в широких кругах, демонстрацию финансовой, экономической, политической мощи, объяснения миссии, ценностей и целей предприятия.

В связи с этим в стратегических коммуникациях очень важную роль играет стратегическое планирование, важным требованием которого является согласованность общей программной цели, которые выдвигаются в отношении каждой группы общественности, то есть, конкретной целевой аудитории, и выбранной руководством стратегии. Задача состоит в том, чтобы

определить и выбрать такие стратегии, которые способны обеспечить желаемый результат — то, что фиксируется как цель или цели [2].

Стратегический план разрабатывается руководителями и специалистами различных служб и подразделений предприятия при участии службы связей с общественностью и характеризуется своими особыми элементами, аспектами, связями исходя из типа бизнеса.

Однако, несмотря на это, существует научно обоснованный, проверенный практикой общий подход к стратегическому планированию, который предусматривает следующие основные этапы:

1. Определение миссии основной цели деятельности предприятия. Определяются содержание и объем работы, которую нужно выполнить для достижения основной цели.
2. Определение ключевых участков, где нужны сдвиги. Определяются аспекты, проблемы, на которых нужно сосредоточить внимание, энергию и интеллектуальные усилия.
3. Разработка системы индикаторов эффективности. Определяются факторы, показатели и характеристики, которые поддаются измерению, а также те, на основе которых можно определить цели.
4. Выбор и постановка целей. Определяются результаты, которых нужно достичь.
5. Разработка планов действий. Определяются пути и меры достижения дальнейших конкретных целей. При этом осуществляются:
 - технологические расчеты с четки определением логики и последовательности действий;

- составление графика с установлением сроков выполнения мероприятий;
- составление бюджета, в котором определяются источники финансирования и распределение финансовых ресурсов, необходимых для достижения целей;
- распределение ответственности с четким определением ответственных исполнителей за конечные результаты;
- корректировка и доработки планов.

Прежде чем приступить к действиям, проект плана апробируется и обсуждается.

6. Налаживание и осуществление контроля. Речь идет об обеспечении контрольных меро-

приятий над процессами выполнения конкретных задач и достижения целей.

7. Стратегические коммуникации. Определяются внутренние и внешние каналы коммуникаций, необходимые для достижения результатов и поддержания в течение всех предыдущих этапов, а также необходимые технические и организационно-технологические мероприятия по созданию, функционированию и перспективному совершенствованию системы коммуникаций предприятия, а также определяется их бюджет. При планировании бюджета стратегических коммуникаций можно воспользоваться матрицей – QUEST анализа рынков (табл. 2).

Таблица 2

Матрица – QUEST анализа для планирования бюджета стратегических коммуникаций

Факторы Рынки	Тип рынка (растущий, устойчивый, сужающийся)	Тип клиента (очень важный, средней важности, неважный)	Острота конкуренции (какие коммуникации у конкурентов)	Этап жизненного цикла
Рынок А	1	1	1	1
	2	2	2	2
	3	3	3	3
Рынок В	1	1	1	1
	2	2	2	2
	3	3	3	3
Рынок С	1	1	1	1
	2	2	2	2
	3	3	3	3

Оценка влияния факторов рынка на величину бюджета дается экспертами и может быть выражена в виде рангов от 1 до 3 (1-минимальное влияние; 2-незначительное влияние; 3-значительное влияние), а может просто фиксировать наличие связи.

8. Реализация плана. Обеспечение со стороны всех руководителей и исполнителей единого согласия относительно случайных и последующих практических действий, назначения ответственных за это лиц, достижение взаимопонимания и взаимодействия в решении всех задач.

Таким образом, методология стратегического планирования в настоящее время должна обеспечивать не только эффективное функционирование и развитие предприятия, но и создание его оптимальных стратегических коммуникаций.

Стратегические коммуникации создают специфический ресурс нематериального характера, но дающий серьезное преимущество трудно копируемое и уникальное.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов А.А., Глухих Л.В. Стратегические коммуникации в системе управления промышленностью России // Практический маркетинг. 2007. №8 (126). С. 7-13.
2. Королько В.Г. Паблик рилейшнз. Научные основы, методика, практика. К., 2007. 235 с.
3. Морозова Н.А. Управление коммуникациями в организации // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2010. №2. С. 173-181.
4. Моисеев Н.Н. Информационное общество: возможности и реальность//Полис. 2008. №3. С.13.
5. Минцберг Г., Альстренд Б., Лэмפל Дж. Школы стратегий. СПб.: Питер, 2000. 336 с.
6. Шепель В.М. Коммуникационный менеджмент. М.: Гардарики, 2004. 352 с.
7. Щетинина Е.Д., Полярус А.В. Методические подходы к оценке коммуникационного потенциала промышленного предприятия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С.133-136.
8. Щетинина Е.Д., Дубино Н.В. Развитие теории и практики деловых коммуникаций в современных условиях // Белгородский экономический вестник. 2013. №4 (72). С. 35-38.

Сборщиков С.Б., д-р эконом. наук, проф.,
Лазарева Н.В., ассистент,
Алексанин А.В., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный строительный университет

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПО ОБЪЕКТАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

tous2004@mail.ru

Актуальность вопросов обеспечения строительного производства профессиональными трудовыми кадрами возрастает в условиях стремительного развития строительной отрасли. Эффективность распределения трудовых ресурсов по строящимся объектам оказывает значительное влияние на уровень рентабельности строительства в целом. Важное свойство подсистемы кадрового обеспечения строительства – её динамика. Она определяется общим развитием инвестиционно-строительной деятельности как системы и формируется как равнодействующая движения потоков рабочей силы и изменения её профессионального состава в связи с научно-техническим прогрессом. В статье предлагается формализованное описание и модель распределения коллективов работников по объектам строительства, что будет способствовать рациональному распределению трудовых ресурсов по фронтам работ.

Ключевые слова: трудовые ресурсы, распределение, эффективность, динамика, строительство, инвестиционно-строительная деятельность.

Развитие строительного производства, рост его производительности и увеличение рентабельности в существенной мере зависят от имеющихся трудовых ресурсов, их профессионального состава, уровня образования и эффективного распределения между объектами строительства, а также по фронтам работ.

Осуществление программ развития инвестиционно-строительной деятельности, обеспечение для всех её элементов высоких темпов роста тесно связаны с динамикой процессов, происходящих в подсистеме кадрового обеспечения [1; 2]. К ним относятся подготовка кадров, формирование оптимальной профессиональной структуры трудовых ресурсов, распределение потоков рабочей силы между объектами строительства по фронтам работ в соответствии с общей стратегией.

Важное свойство подсистемы кадрового обеспечения строительства – её динамика. Она определяется общим развитием инвестиционно-строительной деятельности как системы и формируется как равнодействующая движения потоков рабочей силы, изменения её профессионального состава в связи с научно-техническим прогрессом.

Структура и потенциал подсистемы кадрового обеспечения имеют особое значение для развития всех элементов и уровней иерархии инвестиционно-строительной деятельности. Благодаря практическим навыкам, профессиональным знаниям, а также своему производственному опыту трудовые ресурсы составляют главную производительную силу на уровнях иерархии инвестиционно-строительной деятельности.

Распределение трудовых ресурсов между

всеми элементами системы инвестиционно-строительной деятельности на уровне хозяйствующего субъекта как по подрядным подразделениям, так и по фронтам работ с учетом территориального аспекта осуществляется в соответствии с проектом организации работ (ПОР).

Рациональное распределение трудовых ресурсов по фронтам работ на объектах строительства – важнейший фактор обеспечения результативного и сбалансированного строительного производства.

Для формализованного описания распределения коллективов работников принимается, что строительство ведется на n объектах.

В этой связи используются следующие обозначения:

R_t – численность наличных трудовых ресурсов в период времени t ;

W_t^i – производительность труда на i -м объекте в период времени t ;

V_t^i – выработка на одного рабочего на i -м объекте в период времени t ;

\bar{X}_t^i – планируемый объем строительства (в соответствии с календарным графиком) на i -м объекте в период времени t ;

y_t^i – численность рабочих на i -м объекте в период времени t ;

Y_t – численность административно-управленческого и вспомогательного персонала.

Целевая функция модели выражает необходимость такого распределения трудовых ресурсов по объектам строительства и фронтам работ, которое обеспечивает выполнение предусмотренных календарным планом комплексов работ и этапов, а также необходимый уровень рентабельности строительного производства:

$$\sum_{i=1}^n V_t^i y_t^i \rightarrow \max. \quad (1)$$

Переменные модели распределения трудовых ресурсов должны удовлетворять следующим ограничениям (рис. 1):

– выполнение предусмотренных календарным планом на всех объектах строительства

этапов и перечня работ:

$$W_t^i \cdot y_t^i \geq \widehat{X}_t^i \text{ при } i = 1, \dots, n \quad (2);$$

– баланс трудовых ресурсов:

$$\sum_{i=1}^n y_t^i + Y_t = R_t \quad (3);$$

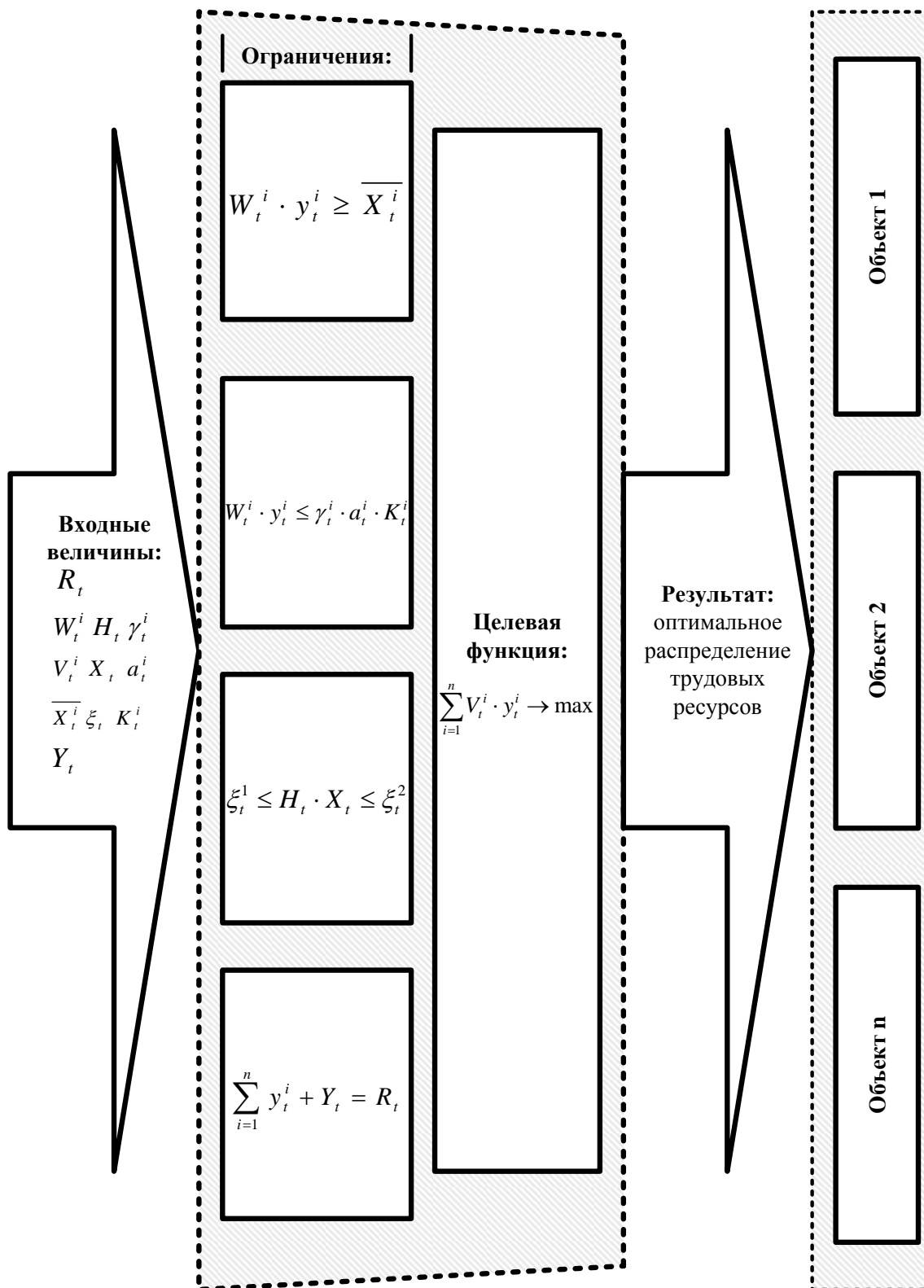


Рис. 1. Модель распределения трудовых ресурсов по объектам строительства

– ограничения, связанные с состоянием и с использованием материально-технической ба-

зы хозяйствующего субъекта:

$$W_t^i \cdot y_t^i \leq \gamma_t^i a_t^i K_t^i, i = 1, \dots, n \quad (4).$$

Через γ_t^i обозначим достигнутый на i -м объекте в период времени t коэффициент сменности, через K_t^i – объем имеющихся на i -м объекте основных фондов, а через a_t^i – эффективность их использования.

Наряду с указанными ограничениями модель должна содержать еще ряд уравнений, относящихся к взаимодействиям между объектами. Соответствующие ограничения имеют следующую форму:

$$\xi_t^1 \leq H_t X_t \leq \xi_t^2 \quad (5),$$

где X_t – вектор объемов строительного производства, а H_t – структурная матрица типа (n, n) , отображающая взаимодействия между объектами, в то время как ξ_t^1 и ξ_t^2 – постоянные векторы.

Представленная экономико-математическая модель связана с задачей линейной оптимизации. Она содержит n неизвестных y_t^i , т. е. параметров распределения трудовых ресурсов, которые необходимо определить таким образом, чтобы целевая функция приняла максимальное

значение и, тем самым, обеспечивалось бы устойчивое развитие, организационно-технологическая надежность и эффективность строительного производства. Данная модель может быть адаптирована под аналогичные задачи других уровней иерархии инвестиционно-строительной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сборщиков С.Б. Логистика регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере (теория, методология, практика) : дис.... док. эконом. наук. М. 2012. С 67-68
2. Сборщиков С.Б. Теоретические закономерности и особенности организации воздействий на инвестиционно-строительную деятельность // Вестник МГСУ. 2009. № 2. С. 183 – 187.

*Гулей И.А., ст. препод.,
Целютина Т.В., канд. социол. наук, доц.*

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ОТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДО СОВРЕМЕННЫХ ПРИНЦИПОВ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В МАЛОМ БИЗНЕСЕ

gulei@bsu.edu.ru

В статье рассматриваются особенности современных принципов принятия управленческих решений в сфере малого бизнеса, с учетом динамики развития управленческих систем. Представлены результаты исследования, направленного на выявление влияния качественных характеристик руководителей на эффективное принятие управленческих решений.

Ключевые слова: управленческие решения, модель, малый бизнес, конкурентоспособность, компетентность.

Малый бизнес – это некий сегмент рынка, которому свойственны черты гибкости, автономии и оперативности в принятии решений. В России на предприятиях данного сектора, количество которых составляет 1,6 млн., занято более 10 млн. человек; их оборот приближается к 17 млрд. рублей [1].

Одна из особенностей малых предприятий состоит в том, что принятие решений касающихся распределения средств на работников, анализа рынка, конкурентов, клиентов, поставщиков остается за собственником. В этой ситуации особую актуальность приобретает его профессионализм, ответственность, добросовестность, пунктуальность и отношение к подчиненным. Данные качества необходимы для того чтобы руководитель умел грамотно и своевременно принимать управленческие решения, придерживаясь определенных принципов.

Практика показывает, что большая часть малых предприятий занимается оптовой и розничной торговлей, ремонтом автотранспортных средств, строительством, сельским хозяйством. Работа в этих секторах зачастую связана с повышенной ответственностью работодателя за своих работников. Поэтому при принятии управленческих решений, руководитель должен понимать все риски, факты и будущие последствия [2].

Развитие малых предприятий должно происходить динамично, чтобы не потерять свою конкурентоспособность. Актуализируется практика своевременного учета принципов, придерживаясь которых, руководитель должен в сжатые сроки принимать наиболее эффективные решения.

Управленческие решения – это важный аспект работы управленческих кадров, который заключается в выборе доступных решений, исходя из имеющихся человеческих, интеллектуальных, информационных и финансовых ресурсов [3]. Роль принципов для принятия управленческих решений в малом бизнесе весьма высо-

кая, так как неопределенность выбора альтернатив решений может создавать ряд проблем, ведущих к реорганизации конкретного предприятия. Соблюдение последовательности шагов, именуемых принципами, является незаменимым элементом эффективной деятельности руководителя.

На наш взгляд, одними из актуальных принципов принятия управленческих решений для малого бизнеса, являются принципы предложенные Эдуардом Мальцевым, профессором высшей школы менеджмента. В 2012 году журнале «Научный менеджмент», автор опубликовал статью, где спроектировал ряд принципов, которыми необходимо руководствоваться при принятии решений.

1. Первый принцип – это итеративность.

В случае с принятием решений итеративность означает многократное повторение поиска наилучшего варианта – с учётом прохождения каждой итерации (цикла), на котором есть свое видение и понимание конечного результата.

2. Метамышление (мышление о мышлении). Размышляя человек может познать и проанализировать мышление другого. У каждого руководителя, доминирует свое мышление, творческое или критическое, логическое или интуитивное, рациональное или эмоциональное и т.д. Изучение мышления как процесса, позволяет понять природу ошибок в принятии решений и предотвратить некоторые из них.

3. Базовый принцип – управление. Грамотное управление любым процессом позволит достичь целей с минимальными потерями. И циклы принятия решений, не являются исключением из правил. Управляя циклом, руководитель должен уметь отделять суть, содержание, вырабатываемого решения от процесса его принятия. Разделить содержание решения и процесс его принятия можно сформулировав ряд простых вопросов. По содержанию: каковы факты? в чём состоит проблема? как выглядит решение? По процессу: как мы это сделаем? [4].

На основе данных ключевых принципов и строится модель принятия управленческих ре-

шений (рис. 1), где первый принцип отражен в виде итераций, т.е. циклов.



Рис. 1. Модель принятия решений

Так, из модели принятия решений, видно, что важными этапами являются наличие фактов и понимание рисков. При моделировании проблемы – главное, четко сформулировать условия сложившейся ситуации и проанализировать свои дальнейшие действия. И только после конкретизации всех вышеперечисленных этапов, можно перейти к модели решения. Важным показателем при моделировании решения является степень влияния на репутацию и эффективность деятельности всей компании. Качественное решение предполагает анализ важнейших последствий и позволяет устранить причины проблемы (в идеале – до её возникновения) не создавая при этом новых.

Отметим, что данные принципы принятия

управленческих решений целесообразно рассматривать в контексте с современными принципами, которые в совокупности практикоориентированности наибольшим образом адаптированы к малому бизнесу.

В ведущей экономической литературе отмечаются особые принципы принятия управленческих решений, применение которых, направленно на высокую рентабельность организаций в условиях постоянных изменений [4].

Особенность данных принципов состоит в соотношении качеств руководителя с этапами его действий при принятии решений. Так, выделяют пять личностных характеристик менеджера и соответствующие им пять правил (принципов) разработки и принятия решений (табл.1).

Таблица 1

Соотношение принципов с качествами руководителя, принимающего управленческие решения

ПРИНЦИПЫ		КОМПЕТЕНЦИИ
1	Установление четких границ (руководитель должен на высоком уровне разбираться в той отрасли, в которой возникла проблема)	Профессионализм
2	Понимание последствий и принятие ответственности (руководитель должен понимать, что его решения будут отражаться не только на деятельности предприятия, но и на судьбе лиц, работавших в нем)	Ответственность
3	Качественный подход (чем старательнее и добросовестнее работодатель будет подходить к принятию УР, тем большую выгоду он получит в итоге)	Добросовестность
4	Своевременность (руководителю необходимо уметь не только качественно решать проблемы, но еще и в определенный срок)	Пунктуальность
5	Косвенная коллегиальность (заключительный этап и утверждение решения остается за руководителем, но предоставление возможности подчиненным участвовать в этом процессе будет положительным мотивом)	Отношение к подчиненным (умение делегировать)

С целью анализа компетентностных траекторий принятия управленческих решений нами проведено исследование на базе малых организаций строительной сферы Белгородской области, таких как: ООО «СтройУют», ООО «Аграрно Промышленное Строительство (АПС)», ООО «ЛенТранс-31», ИП «Промтех», «Мир срубов», «СтройГрупп». Для получения объективных и достоверных показателей качественных характеристик руководителей (численность исследуемых руководителей составила 18 человек) нами были опрошены сотрудники компаний в соот-

ветствии с гендерными, возрастными, образовательными и психофизиологическими особенностями. Предложенная нами анкета, заключалась в измерении таких показателей как: профессионализм, ответственность, добросовестность, пунктуальность, отношение к подчиненным. Осуществление измерения проводилось методом балльных оценок. Респондентами опроса выступили 170 работников организаций. Представленные шкалы в таблице наглядно отражают общую оценку качеств «своего руководителя» данную работниками (табл.2).

Таблица 2

Шкалы оценки качественных характеристик руководителя

Показатели	Значимость	Наличие
Профессионализм	26	21
Ответственность	20	20
Добросовестность	20	25
Пунктуальность	18	18
Отношение к людям	16	16

Исследование показало, компетенцию руководителя – «Профессионализм» сотрудники оценивают на 21%, что выявляет отклонение на 5% в худшую сторону; по второй компетенции – «ответственность», номинальные и фактические результаты равны – 20%; «добросовестность» значима для сотрудников на 20%, хотя, на самом деле, данный показатель преобладает – 25%, и,

это хорошее отклонение; «пунктуальность» располагается на одном уровне – 18%; показатель «отношение к людям» также находится на одном уровне – 16%.

Результаты влияния совокупности качественных характеристик руководителей на эффективное принятие управленческих решений представлены на рис.2.

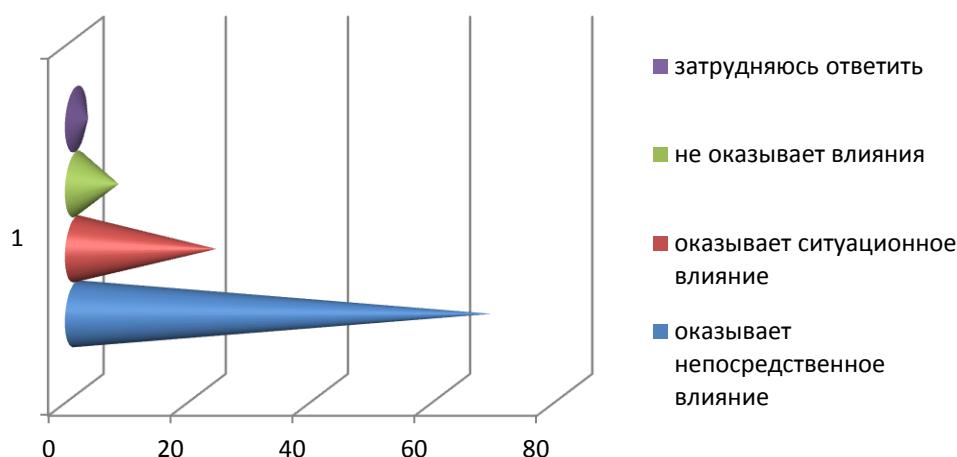


Рис. 2. Степень влияния качественных характеристик руководителей на эффективное принятие управленческих решений

Представленные результаты показывают, превалирование мнений респондентов о непосредственном влиянии рассматриваемых характеристик на принятие управленческих решений (68%); 23% опрошенных отметили ситуационный характер влияния, что позволяет сделать вывод о масштабности и многополярности системы управления в целом, и сложности отдельно принимаемого решения, в частности; отсутствие влияния качественных характеристик ру-

ководителей на эффективное принятие управленческих решений характерно для 7% респондентов; и лишь 2% сотрудников организаций затруднились с ответом на данный вопрос.

Результаты проведенного исследования доказывают необходимость эффективной интеграции качественных характеристик руководителей в процесс принятия управленческих решений. Компетентностный подход к разработке, внедрению и мониторингу управленческих решений

должен быть обусловлен систематизацией мышления руководителя, а также его уровнем профессионального мастерства.

Для успешного продолжения своей деятельности на рынке, поддержания высокого уровня конкурентоспособности, руководителям малых предпринимательских структур, при принятии решений, полезно применять на практике такие принципы как: установление четких границ, понимание последствий и принятие ответственности, качественный подход, своевременность, косвенная коллегиальность. У руководителей обладающих всеми указанными компетенциями и применявших данные принципы на практике, существует перспектива развития и

расширения своего малого бизнеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малое и среднее предпринимательство в России. – Стат. сб./ Росстат. М., 2010. С.172.
2. Губарев Р.В. Соотношение принципов с качествами менеджера // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. – 2011. № 6. С. 46 – 54.
3. Бойко С.В. Моделирование системы управления в малом бизнесе // Организатор производства. 2011. № 2. С. 42 – 47.
4. Мальцев Э.С. Выбор наилучшего // Научный менеджмент. 2012. № 6. С. 24 – 31.

Дорошенко Ю.А., д-р экон. наук, проф.,
Малыхина И.О., аспирант,
Оспищев П.И.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ КАК ФАКТОР УСПЕШНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВУЗА

imalykhina@inbox.ru

Сегодня нашей стране необходимо обеспечить образовательную систему, которая будет отвечать требованиям развивающейся инновационной экономики. Образовательный процесс должен представлять основу для расширения инновационной и научной деятельности.

Широкое использование интеллектуального капитала на основе инноваций является также одним из ключевых факторов конкурентоспособности и устойчивого экономического роста не только страны, но и вуза. Интеллектуальный капитал играет важную роль в повышении экономической эффективности вузов и посредством успешной коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности является одним из основных источников прибыли.

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, инновационная инфраструктура, инновационная экономика, эффективность, инновационный потенциал.

В настоящее время наиболее перспективным и желаемым вариантом экономического роста любой страны является инновационный путь развития. Развитие науки, инноваций и технологий способствуют решению задач как экономического, так и социального характера, составляющих высший приоритет не только в нашей стране, но и в любом другом государстве.

По мнению Рагимова Ф.И. и Стефанчук Е.Н., нашей стране необходимо обеспечить образовательную систему, которая будет отвечать требованиям развивающейся инновационной экономики. Образовательный процесс должен представлять основу для расширения инновационной и научной деятельности [12].

Сегодня на основе инноваций активно формируется и широко используется интеллектуальный капитал, являющийся одним из ключевых факторов конкурентоспособности и устойчивого экономического роста не только организации, но и высшей школы. Интеллектуальный капитал играет важную роль в повышении экономической эффективности вузов и посредством успешной коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности является одним из основных источников прибыли.

В настоящее время современная высшая школа стремится не только к получению дохода, но и к формированию собственных конкурентных преимуществ, которые способствуют стратегическому развитию и эффективному функционированию инновационной инфраструктуры вуза.

Инновационная инфраструктура вуза, в свою очередь, представляет собой важный элемент развития инновационной системы как самого вуза, так, в частности, региона и инновационной системы страны. Инновационная си-

стема любого уровня является неотъемлемой частью экономической системы страны в целом и оказывает непосредственное влияние на экономический рост государства.

Как отмечают Дорошенко Ю.А. и Бухонова С.М. в своих работах «Формирование инновационной экономики», «К оценке экономической эффективности инноваций разных типов», переход на инновационный путь развития подразумевает, прежде всего, инвестирование в человеческий капитал и вложения в систему образования, которая становится важнейшим фактором глобальной конкуренции [3, 4].

Именно образование дает возможность формирования интеллектуального капитала, что является одним из важных факторов, оказывающих влияние на развитие национальной инновационной системы. Сегодня развитию системы высшего образования уделяется все больше внимания, поскольку оно является потенциалом для устойчивого инновационного развития страны. Главными источниками производства и распространения знаний и инноваций становятся высшие школы. Именно вузы способны предоставить инновационные решения для сохранения конкурентоспособности страны с учетом специфики регионального развития [2].

В свою очередь, экономическую основу общества, основанную на знаниях, составляет национальная инновационная система. В ней, безусловно, должны быть налажены продуктивные взаимоотношения между обществом, наукой и производством, а инновации в этой системе играют основополагающую роль - являются основой развития. Потребности инновационного развития определяют главные векторы научной деятельности, ускоряя создание интеллектуального капитала, необходимого для

эффективного и стабильного развития организации в целом [1].

Интеллектуальный капитал - одна из наиболее подвижных и противоречивых экономических категорий. Проблемы формирования интеллектуального капитала, его развития и использования, эффективности вложений в человека продолжают оставаться малоизученными и актуальными [9].

Отечественные специалисты рассматривают интеллектуальный капитал в различных аспектах: Л. Гапоненко и Т.М. Орлова - как стратегический потенциал организации, В.Г. Зинов и К.В. Сафарян - как базовую характеристику стоимости бизнеса. М.А. Бендилов, Е.В. Джамал, Н.В. Кротова, А.Н. Козырев рассматривают интеллектуальный капитал с позиций экономики, выделяя в его структуре собранную вместе квалифицированную рабочую силу (человеческий капитал); интеллектуальную собственность; информационные ресурсы, локальные сети (организационный капитал); отношения с клиентами, бренды и т.п. (клиентский капитал) [17].

Многие ученые определяют интеллектуальный капитал как интеллектуальный материал, который был формализован, обобщен, усилен для производства актива, обладающего более высокой добавленной стоимостью [5,6]. Формирование интеллектуального капитала обеспечивается институциональными условиями, поддерживающими развитие образования, науки, инноваций [14,15]. Это совокупность взаимосвязанных организаций и структур, занятых производством и коммерческой реализацией научных знаний и технологий: фирм, университетов, лабораторий, технопарков, инкубаторов и комплекс институтов правового, финансового и социального характера, обеспечивающих инновационные процессы в экономике [7].

Условия, способствующие формированию интеллектуального капитала, охватывают науку, фундаментальные и прикладные исследования и разработки, хозяйствующих субъектов, преобразующих новые знания в продукты и технологии, то есть ту институциональную среду, в которой объединены отрасли, сектора, формы и субъекты хозяйствования, связанные с формированием интеллектуального капитала. Институциональная среда, в которой реализуются интересы субъектов интеллектуального капитала, включает всех действующих лиц процесса формирования интеллектуального капитала и экономические отношения между ними. Институциональная инфраструктура формирования интеллектуального капитала находит отражение в

концепции национальной инновационной системы, которая занимает значительное место в экономической науке и практической деятельности [13].

Ядром инфраструктуры формирования интеллектуального капитала является научный блок. Причем наука представляет собой ключевое звено каждого крупного сегмента системы. Наука как первоисточник инноваций органически встроена в экономические процессы. Наука интегрирована в государственный сектор (национальные лаборатории, академия наук и др.), в предпринимательский сектор (научные центры корпораций, малый наукоемкий бизнес), в систему образования (университетские научные лаборатории, технопарки и др.). Важная роль в процессе формирования интеллектуального капитала принадлежит Российской академии наук, ее институтам, другим объединениям научной общественности, отечественной системе подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов и ученых [13].

Как отмечает Цуриков С.В., интеллектуальный капитал подразделяется на две части. Та часть, которая находится в сознании людей, не обладает овеществленной формой и может быть оценена только при покупке организации. Другая часть интеллектуального капитала, которая овеществлена (например, зафиксирована на каких-то носителях), может быть использована как торговый капитал, приносящий часть прибавочной стоимости, создаваемой в процессе производства продукта или услуги. Выделение этих частей дает возможность накопления интеллектуального капитала, ведущего к централизации интеллекта и формированию формального интеллектуального ресурса организации. Часть интеллектуального капитала, не имеющая материальной формы, принадлежит носителям интеллекта. Носители интеллекта в этом случае являются частью интеллектуального капитала организационной структуры, и эта часть, несомненно, имеет свою стоимость [17].

Для развития интеллектуального капитала организации необходимы: [10]

- социально-экономические условия жизнедеятельности ее интеллектуальной элиты;
- востребованность и социальная справедливость в отношении интеллектуальной элиты;
- организационное обеспечение творческой деятельности специалистов;
- совершенствование нормативно-правовой базы интеллектуального труда.

Как отметил Президент России Путин В.В., наша страна сейчас занимает третье место в мире по числу ученых и уже входит в число лиде-

ров по государственным расходам на научную деятельность, но по результатам далека от передовых в этой области стран [11]. Это прямое следствие слабого взаимодействия научных и образовательных институтов, государства и бизнеса, недостаточного привлечения частных инвестиций в науку. При этом эффективность развития экономики современных государств в большой степени зависит от средств, вкладываемых в интеллектуальный капитал, который проявляет себя в качестве генератора научно-технического прогресса, изменяющего структуру национальной экономики [17].

Н.В. Казакова подразделяет интеллектуальный капитал вуза на человеческий капитал, социальный капитал, структурный капитал, интеллектуальную собственность и капитал внешних связей [8].

По мнению Пурикова С.В., интеллектуальный капитал организации, в том числе вуза, включает: [17]

- интеллектуальную собственность как актив (изобретение, полезная модель, фирменное наименование, товарный знак (знак обслуживания), авторское право, коммерческие секреты (ноу-хау));
- человеческий капитал (знания; здоровье; природные способности, среди которых отдельно следует выделить творческий потенциал; общая культура; мотивация к работе и обучению, профессиональные навыки);
- социальный капитал (взаимоотношения между сотрудниками организации (доверие, взаимопонимание, общие ценности и модели поведения), взаимоотношения с инвесторами и кредиторами организации);
- структурные активы организации;
- рыночные (маркетинговые) активы организации.

Данная модель интеллектуального капитала актуальна для любой организации, в том числе и для организаций высшего профессионального образования. Сфера высшего образования – это высокоинтеллектуальный сектор экономики, сравнимый по многим параметрам с научно-исследовательскими секторами. Для определения направлений стратегического развития вузов как основных организаций сферы высшего образования интеллектуальный капитал имеет большое значение, так как вузы «производят» такие специфические продукты как специалисты, бакалавры, магистры и способствуют получению ученых степеней [17].

Главной ценностью вуза является интеллектуальный капитал профессорско-преподавательского состава. Однако специфика

интеллектуального капитала вуза заключается в том, что в нем взаимодействуют интеллектуальные капиталы субъектов и объектов образования, а также стратегических партнеров [9].

Одним из основных современных направлений модернизации высшего образования является формирование моделей исследовательских и инновационных вузов. Моделирование развития вузов не означает отказа от выполнения ими своих основных функций. Особенностью этих моделей является их целевая установка на усиление взаимодействия и интеграции между наукой и образованием и ее реализация на базе инновационной инфраструктуры. В зависимости от модели развития вуза конкретизируются особенности его интеллектуального капитала. Системное исследование процесса формирования, аккумуляции и эффективного использования интеллектуального капитала в настоящее время приобретает все большее значение для реформирования отечественного высшего образования в целом [16].

Сегодня Россия столкнулась с необходимостью серьезных фундаментальных преобразований, в том числе в сфере высшего образования. Вследствие этого в высшей степени приоритетными ученые находят вопросы, связанные с созданием инновационных инфраструктур в вузах, эффективного управления вузами, перехода их на инновационный путь развития, то есть к новым способам управления интеллектуальным капиталом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аркатов А.Я. Инновационное развитие: проблема единства понимания // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 85-88.
2. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Моисеев В.В. Актуальные проблемы инвестиций и инноваций в России. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 295 с.
3. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М. и др. Формирование инновационной экономики: монография / Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М. и др. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 237 с.
4. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М. К оценке экономической эффективности инноваций разных типов // Экономический анализ: теория и практика. 2005. № 4. С. 7-10.
5. Дорошенко Ю.А., Калашников А.Н. Экономическое содержание понятия «человеческий капитал» // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2011. №1-2 (61-62). С.3-7.
6. Дорошенко Ю.А., Ряпухина В.Н. Актуальные проблемы развития национальной инновационной системы в России //Белгородский

экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2011. №1-2 (61-62). С. 47-52.

7. Дынкин А. А. Инновационная экономика. М.: Изд. АСВ, 2001. 387 с.

8. Казакова Н.В. Университеты и экономика, основанная на знаниях. Саратов: Изд. СГТУ, 2001. 159 с.

9. Кислицин И.Г. От интеллектуального потенциала к интеллектуальному капиталу предприятия // Вестник Московской академии рынка труда и информационных технологий. 2006. № 18(40). С. 101-106.

10. Лессер Э., Прусак Л. Как превратить знания в стоимость: Решения от IBM Institute for Business Value. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 178 с.

11. Путин В.В. О стратегии развития России до 2020 года: Доклад на расширенном заседании Госсовета РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kp.ru/daily/24045/101039/#history>. (дата обращения 17.11.2014).

12. Рагимов Ф.И., Стефанчук Е.Н. Сущность экономического развития в отечественной

промышленности // Terra Economicus. 2012. № 4-3. С. 23-28.

13. Скворцова В. А., Скворцов А. О. - Интеллектуальный капитал в России: проблемы формирования и использования // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. 2012. № 28. С. 554-561.

14. Сомина И.В. Оценка инновационной деятельности экономических систем на основе процессного подхода // Социально-гуманитарные знания. 2012. №8. С. 294-301.

15. Сомина И.В. Технологические инновации в России / Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее: Материалы науч.-прак. конф // Белгород: Издательство БелГСХА, 2012. С. 305-311.

16. Сундукова Г.М. Особенности формирования интеллектуального капитала вузов (тезисы) / Актуальные проблемы управления – 2009: Материалы 14-й Всероссийской научно-практической конференции // М.: ГУУ, 2009. С. 54-60.

17. Цуриков С.В. Интеллектуальный капитал вузов – один из факторов инновационного развития // Образование. 2008. № 1. С. 112-116.

ТРАНСПОРТ. ЭНЕРГЕТИКА

Кулешов М.И., канд. техн. наук, доц.,

Губарев А.В., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЧАСТИ КОНДЕНСАЦИОННОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА, НАПРАВЛЕННАЯ НА ПОВЫШЕНИЕ ЕГО РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ

artwo0248@mail.ru

Рассмотрены различные варианты конструктивного исполнения радиационной части конденсационного водогрейного котла. На основании анализа существующей конструкции высокотемпературной части выявлен ее существенный недостаток, снижающий ремонтпригодность котла. Предложены мероприятия по модернизации конструкции радиационной части, для повышения ремонтпригодности агрегата.

Ключевые слова: конденсационный водогрейный котел, днище жаровой трубы, подвод воды.

В настоящее время в развитых европейских странах растет доля использования в системах теплоснабжения котельных установок и водонагревателей конденсационного типа, то есть таких теплогенерирующих установок, в которых имеет место конденсация части водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания. КПД таких теплогенераторов, определяемый по высшей теплоте сгорания топлива, может достигать величины 95 % [1]–[2]. При этом в таких странах как Бельгия, Великобритания, Германия законодательно запрещено вводить в эксплуатацию для покрытия нужд теплоснабжения водогрейные котлы, в которых не предусмотрена конденсация водяного пара, входящего в состав продуктов горения топлива [3].

Необходимо отметить, что в Российской Федерации и в странах СНГ в последнее время также наблюдается увеличение доли использования котлов и водонагревателей конденсационного типа для нужд теплоснабжения теплопотребителей различного назначения [4]–[6].

Сотрудниками кафедры энергетика теплотехнологии БГТУ им. В.Г. Шухова разработана конструкция конденсационного водогрейного котла (КВК) с раздельной выработкой воды на отопление и горячее водоснабжение [1]. Конструкция котла, а также его отдельные элементы защищены рядом авторских свидетельств на изобретение СССР и патентов на изобретение или полезную модель России. Пилотный образец котла прошел испытания в опытных условиях, показавшие, что характеристики конденсационного водогрейного котла весьма близки расчетным значениям, подтверждающим его высокую эффективность, а температуры нагреваемых теплоносителей соответствуют требованиям регламентирующих документов Российской Федерации [2].

Основными узлами КВК (рис. 1) являются высокотемпературная радиационная часть (РЧ), адиабатная часть (АЧ) и контактно-рекуперативная часть (КРЧ). В радиационной части осуществляются сжигание природного газа в жаровой трубе и нагрев воды, направляемой в дальнейшем на нужды отопления. В адиабатной части продукты сгорания, выходящие из радиационной части, увлажняются и адиабатно охлаждаются до температуры мокрого термометра. В контактно-рекуперативной части происходят глубокое охлаждение дымовых газов примерно до 35 °С и конденсация большей части содержащихся в них водяных паров. Отбираемая при этом теплота затрачивается на нагрев протекающей по трубам трубного пучка КРЧ воды, используемой в последующем на цели горячего водоснабжения.

Радиационная часть konstruiруется по аналогии с современными водогрейными котлами жаротрубно-дымогарного типа. Ее основными элементами являются жаровая труба и пучок дымогарных труб. При этом для обеспечения трехходовой схемы движения газов могут использоваться реверсивная жаровая труба и прямые дымогарные трубы, а также одноходовая жаровая труба и несколько рядов прямых дымогарных труб, которые продукты горения топлива преодолевают в два хода. Однако в качестве наиболее перспективной рассматривается конструкция с одноходовой жаровой трубой и U-образными дымогарными трубами [7].

Необходимо отметить, что представленной на рис. 1 конструкции радиационной части котла также присущ серьезный недостаток. В рассматриваемой конструкции отсутствует возможность прямого доступа к сварным швам в устьях дымогарных труб и соединениям дымогарных труб с трубной решеткой. Для доступа к

сварным швам предварительно требуется разрезать перепускные трубки, приваренные к водяной рубашке днища жаровой трубы и к трубной

решетке. Указанный недостаток снижает ремонтопригодность котла, а также усложняет и удорожает конструкцию радиационной части.

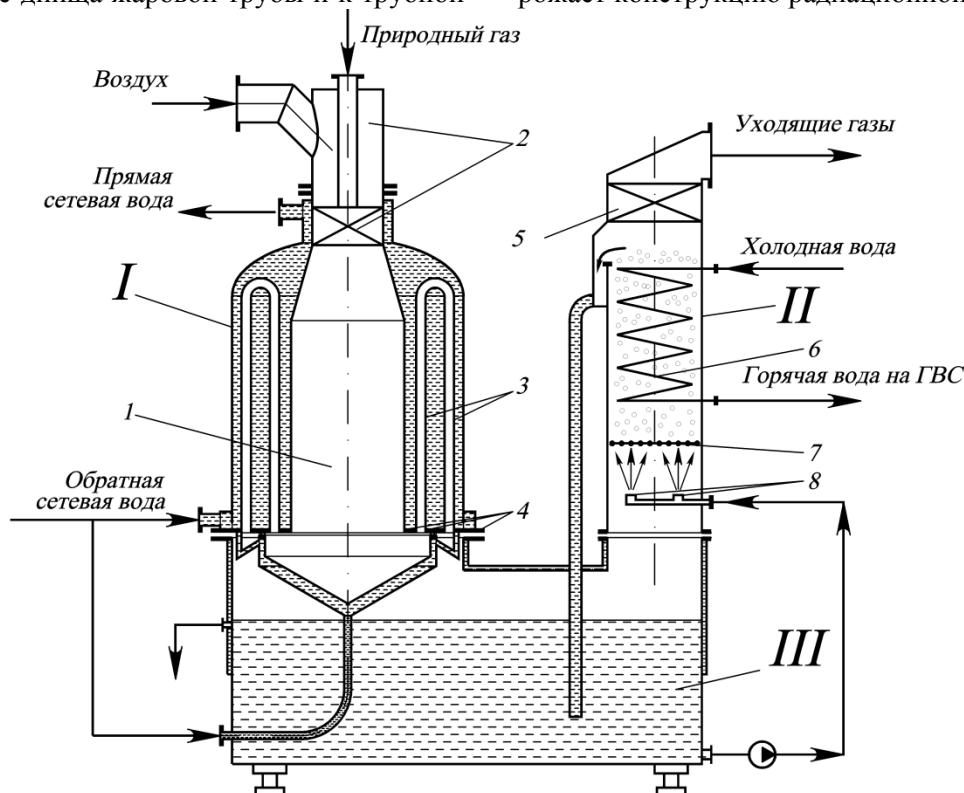


Рис. 1. Схема конденсационного водогрейного котла (КВК):

I – радиационная часть (РЧ); *II* – контактно-рекуперативная часть (КРЧ); *III* – адиабатная часть (АЧ); 1 – жаровая труба; 2 – горелка; 3 – дымогарные трубы; 4 – трубная решетка; 5 – каплеуловитель; 6 – трубный пучок КРЧ; 7 – опорно-распределительная решетка; 8 – форсунки

В целях устранения рассмотренного выше недостатка принято решение несколько изменить конструкцию днища жаровой трубы, образующего камеру для перепуска продуктов горения из жаровой трубы в дымогарные трубы [8]. Модернизированная конструкция высокотемпературной части котла показана на рис. 2.

Согласно предлагаемому решению, под трубной решеткой располагается кольцевая водяная рубашка, к которой снизу прикреплен сваркой присоединительный фланец. Также к трубной решетке между отверстиями, через которые газы поступают в дымогарные трубы и выходят из труб в адиабатную часть, снизу приварены днища жаровой трубы: внутреннее и внешнее, образующие перепускную камеру и водяную рубашку ее охлаждения. Днища представляют собой усеченные конусы одинаковой высоты. При этом диаметр нижних оснований днищ должен обеспечивать доступ к сварным швам крепления дымогарных труб к отверстиям, через которые в них подводятся продукты горения, а также к сварным швам крепления жаровой трубы к трубной решетке. Отверстия в днищах перекрываются плоской крышкой, которая разъемно прикрепляется к фланцу, приваренному к краям этих отверстий. Газоплотность этого

соединения обеспечивается применением газоплотной обмазки.

По воде кольцевая водяная рубашка посредством нескольких перепускных труб связана с водяной рубашкой днища жаровой трубы, которая, в свою очередь, сообщается с межтрубным пространством радиационной части посредством перепускных отверстий в трубной решетке, расположенных равномерно по окружности.

Предлагаемые мероприятия позволят осуществлять выполнение сварных швов крепления дымогарных труб к отверстиям, через которые в них подводятся продукты горения, и сварных швов крепления жаровой трубы к трубной решетке в процессе ремонта котла без разрушения жестких креплений, что упрощает и удешевляет ремонт котла.

Питание высокотемпературной части котла водой осуществляется по следующей схеме. Обратная сетевая вода через патрубок 11 подается в кольцевую водяную рубашку, а оттуда посредством перепускных трубок попадает в нижнюю часть водяной рубашки 9. Протекая в водяной рубашке, вода охлаждает стенки внутреннего днища, подогревается и через перепускные отверстия в трубной решетке поступает в

межтрубное пространство высокотемпературной радиационной части, где и нагревается до необходимой температуры прямой отопительной воды, получая тепло излучением из топки, а также конвекцией от продуктов горения, движущихся по дымогарным трубам. Нагретая прямая вода через патрубок 12 подается в систему отопления потребителей.

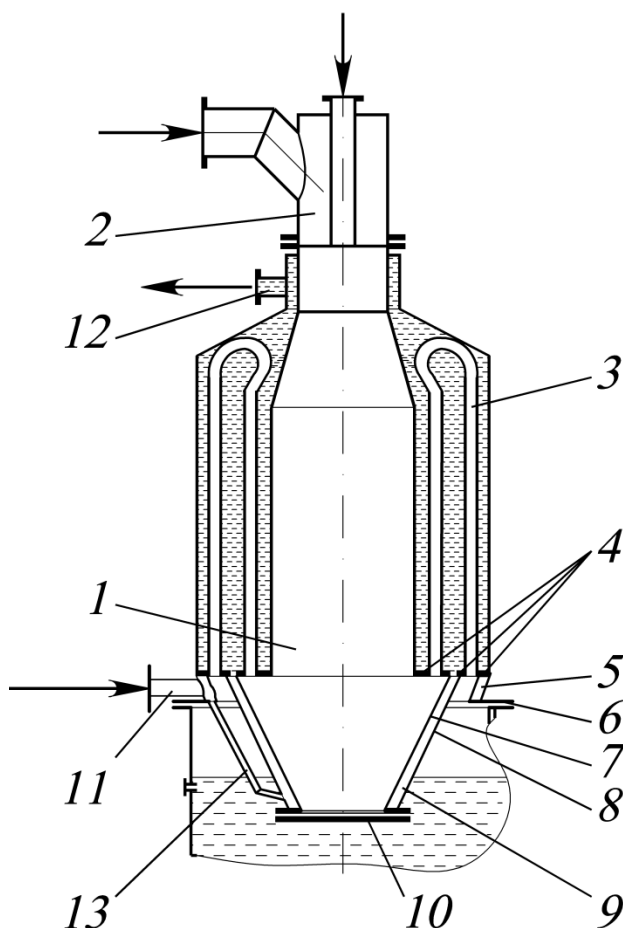


Рис. 2. Схема модернизированной радиационной части конденсационного водогрейного котла:

- 1 – жаровая труба; 2 – горелка; 3 – дымогарные трубы; 4 – трубная решетка; 5 – кольцевая водяная рубашка; 6 – присоединительный фланец РЧ; 7 – внутреннее днище жаровой трубы; 8 – внешнее днище жаровой трубы; 9 – водяная рубашка; 10 – крышка; 11 – патрубок подвода обратной воды системы отопления; 12 – патрубок отвода прямой воды системы отопления

Такая организация подвода отопительной воды в радиационную часть позволяет исключить необходимость обеспечения коаксиального расположения патрубка подвода отопительной воды и отверстия для указанного патрубка в стенке адиабатной части, а также обеспечения водо- и газоплотности конструкции адиабатной части в месте пересечения ее стенки патрубом подвода отопительной воды, что упрощает и удешевляет конструкцию радиационной части и

водогрейного котла и также упрощает монтаж и демонтаж радиационной части при ремонте.

Выводы. Таким образом, предлагаемый водогрейный котел по сравнению с аналогами выигрывает в том, что за счет измененной конструкции повышается ремонтпригодность аппарата. При демонтаже и ремонте радиационной части не требуется производить разрушение ее элементов, так как имеется доступ ко всем без исключения сварным швам. Обновленная конструкция ведет к упрощению и удешевлению радиационной части в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozhevnikov V.P., Kuznetsov V.A., Mochalin A.A., Titarenko R.Yu., Sokolova L.V. Independent Heating Modules With Condensing Hot Water Boilers As Heat Generators As An Effective Alternative To Centralized Heat Supply // *Advances in Environmental Biology*. 2014. № 8(13). P. 89-93.
2. Kozhevnikov V.P., Kuleshov M.I., Gubarev A.V., Trubaev P.A., Andreev A.B. Condensing Hot Water Boiler: Applicability, Design and Research // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2014. № 5(5). P. 1564-1570.
3. Гриненко Г.П., Кожевников В.П., Кулешов М.И., Погонин А.А. Перспективы развития рынка конденсационных котлов в России // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2012. № 3. С. 145-149.
4. Петрикеева Н.А., Кузнецов С.Н. Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. 2013. № 1 (29). С. 108-113.
5. Боднар Л.А., Дахновська О.В., Сорочинський Д.Р. Тенденції розвитку конденсаційних котлів малої потужності // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2013. № 1 (14). С. 129-134.
6. Милова Л. Настенные конденсационные котлы. Обзор рынка // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2010. № 7 (103). С. 34-38.
7. Губарев А.В., Кулешов М.И., Васильев Б.П., Губарева В.В. Компонировка трубного пучка радиационной части топливосберегающего газового водонагревателя // *Промышленная энергетика*. 2010. № 2. С. 37-39.
8. Патент РФ № 2013136253/06, 10.09.14. Кулешов М.И., Губарев А.В., Кожевников В.П., Мочалин А.А., Титаренко Р.Ю. Конденсационный водогрейный котел // *Патент России № 2527824*. 2013. Бюл. № 25.

Лянденбургский В.В., канд. техн. наук, доц.,
Нефёдов М.В., студент,
Коротков Д.В., магистрант,
Посыпкин Д.А., студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ПРОГРАММА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В СИСТЕМЕ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

lvv789@yandex.ru

При работе автомобиля большинство неисправностей проявляется в виде внешних признаков. Зная наиболее часто встречающиеся неисправности, а также внешние проявления, обнаруживают возникшую неисправность, не проводя излишних проверок и разборок. В двигателе автомобиля наиболее часто выходят из строя элементы электрооборудования. Одним из наиболее перспективных путей увеличения вероятности безотказной работы автомобилей является применение встроенного диагностирования автомобилей. Предлагается использовать для контроля электрооборудования более эффективный «вероятностно-логический» метод поиска неисправностей, который позволяет оперативно проводить диагностирование по результатам опроса, в результате которого уточняются вероятности рассматриваемых гипотез. В ряде случаев, основываясь только на результатах ответов на опросные вопросы, можно принять диагностическое решение. Предлагаемый метод позволит оперативно проводить диагностирование, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии. Это позволит оптимизировать транспортный процесс и финансово-экономические показатели автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: Эксплуатация, автомобиль, встроенное диагностирование, «вероятностно-логический» метод, техническое обслуживание.

При работе автомобиля большинство неисправностей проявляется в виде внешних признаков. Часто внешние признаки различных неисправностей носят одинаковый характер. Зная наиболее часто встречающиеся неисправности, а также внешние проявления, обнаруживают возникшую неисправность, не проводя излишних проверок и разборок. Нередко прибегают к методам последовательного исключения. Например, неработающий цилиндр можно обнаружить путём поочерёдного выключения цилиндров [1].

Чтобы правильно и быстро поставить диагноз при проверке сложного объекта с помощью отдельных средств диагностирования, необходимо располагать большим количеством данных о функциональных связях между возможными неисправностями и их симптомами, а также обладать достаточным опытом.

Если по какой-либо составной части известны лишь комбинации симптомов и их связи с соответствующими неисправностями, но неизвестны вероятности наиболее частого возникновения хотя бы некоторых из них, характерных для данного симптома, то в этом случае поиск конкретной неисправности ведут, исходя из предположения, что при данном симптоме все связанные с ним неисправности равновероятны.

Для выявления причин таких неисправностей должна быть разработана целая система измерительных преобразователей, которые фиксировали бы как редко, так и часто встречающи-

еся неисправности. Теоретически, такой метод определения неисправностей осуществим, но практически чрезвычайно сложен и дорог.

Применение положений теории вероятности, в частности теории информации, позволяет значительно упростить процесс постановки диагноза. Сущность вероятностного метода определения характера неисправности заключается в том, что на основе статистических данных о закономерностях изменения параметров состояния в зависимости от наработки составной части или машины в целом, о возможных комбинациях симптомов и их связях с неисправностями для каждой неисправности устанавливают вероятность её возникновения и вероятность появления каждого симптома. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятности возникновения различных откликов, характерных для данного симптома.

Системы мониторинга и диспетчеризации транспортных средств базируются на применении таких беспроводных технологий как GPS, ГЛОНАСС. Увеличение в последние годы количества транспортных средств, оборудованных системами встроенного диагностирования и диспетчеризации, вызвано не только требованиями нормативных правовых актов, но и преимуществами, которые дает использование этих приборов автотранспортным предприятиям. В настоящее время множество государственных

предприятий и частных компаний осуществляют перевозки грузов в черте города, а также в отрыве от производственной базы предприятия. Непрерывно возрастают объемы строительных и дорожных работ происходит накопление затрат на перевозку грузов [2, 3].

Наиболее оптимальным решением является проведение работ по диагностическому обеспечению автомобилей на всех стадиях, начиная от их разработки до полного списания, т.е. на стадиях разработки, производства, эксплуатации, капитального ремонта и хранения, а также при обосновании акта о списании конкретных автомобилей.

Наиболее важным элементом автомобиля является система зажигания, на который приходится значительная доля отказов. Перспективой для контроля за состоянием электрооборудования является применение систем встроенного

диагностирования. Преимуществом систем встроенного диагностирования является то, что система быстро указывает водителю место, где возникла неисправность и какие работы надо произвести для её устранения. В систему подаются сигналы от датчиков, обрабатываются в бортовой системе контроля и выводятся на жидкокристаллический дисплей [4, 7].

Система встроенного диагностирования позволяет выполнять контроль технического состояния системы зажигания. Имеется возможность определить неисправность в двигателе и системе зажигания с помощью датчика разрежения [5, 6] и замера напряжения в системе зажигания.

Эта цель достигается путем датчика абсолютного давления во впускном коллекторе. Расположение элементов встроенного диагностирования представлено на рис 1.

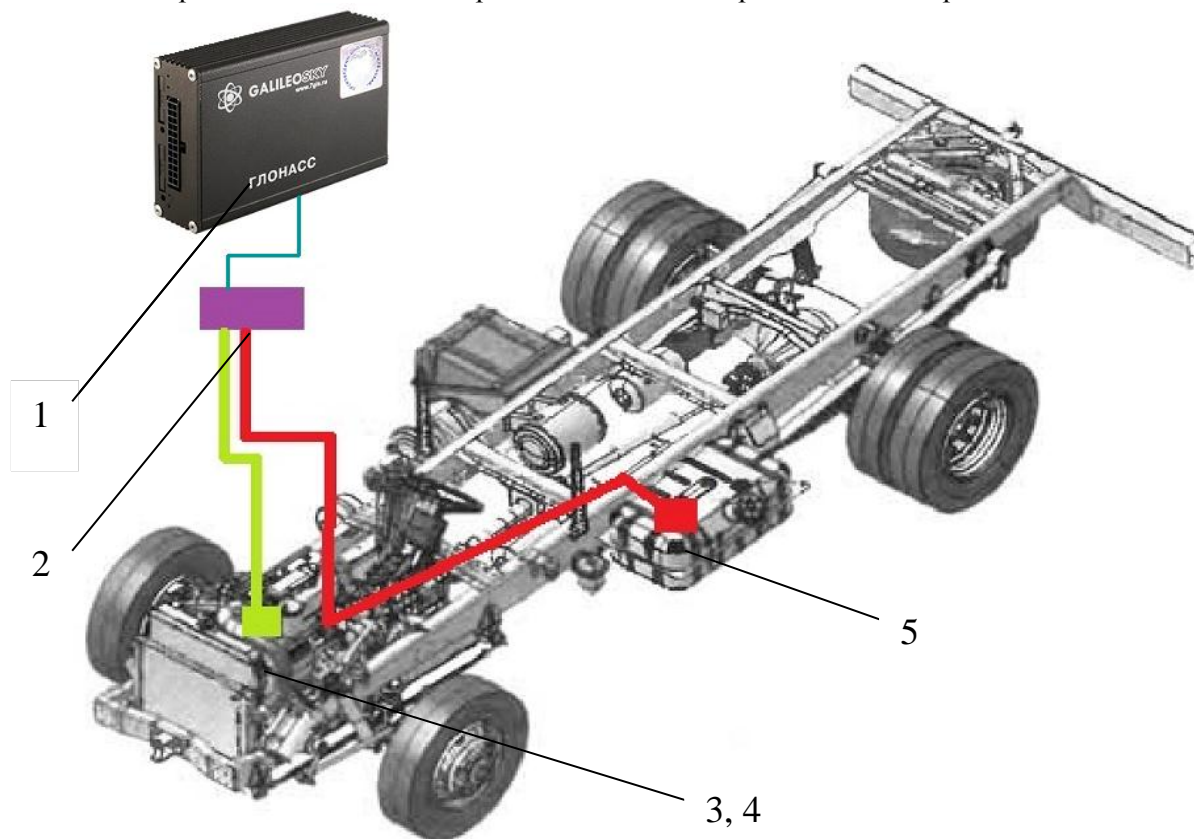


Рис. 1. Схема расположения элементов встроенного диагностирования
1 – передатчик ГЛОНАСС/GPS; 2 – встроенная система диагностирования
3,4 – датчик разрежения, датчик напряжения; 5 – датчик расхода топлива

Внедрение замера напряжения в системе зажигания будет показывать напряжение в высоковольтной вторичной цепи системы зажигания. Это позволит автовладельцу отслеживать неисправности в двигателе. Данный датчик будет показывать текущее напряжение, идущее от катушки зажигания, тем самым будет говорить о состоянии вторичной цепи, а так же свеча тем

временем будет проверяться с помощью датчика разрежения. Вторая часть программы – аналитическая, определяет наличие и вид неисправностей, как в двигателе, так и в системе зажигания транспортного средства. Программа включает блоки формирования баз данных по результатам диагностирования и сведения о работе двигателя со слов водителя. Подготовленные данные обра-

батываются расчетно-анализирующим блоком. С помощью блока индикации результаты расчета и анализа выводятся на экран прибора, расположенного в кабине автомобиля. Данная информация является основанием для своевременного принятия решений по проведению профилактических работ для двигателя автомобиля.

Для уточнения процесса поиска неисправ-

ностей система в диалоговом режиме проводит опрос пользователя о проявлении качественного признака. Взаимодействие с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователю вопросов (рис. 2-5) системы и выбором им вариантов ответа в меню различных типов.

**ВЫБЕРИТЕ НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЕ
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ГЛАВНОЕ МЕНЮ:**

- **ДВИГАТЕЛЬ НЕ ЗАПУСКАЕТСЯ ИЛИ ЗАПУСКАЕТСЯ С ТРУДОМ**
- НЕУСТОЙЧИВАЯ РАБОТА ДВИГАТЕЛЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ
- ПОВЫШЕННЫЙ РАСХОД ТОПЛИВА
- СНИЖЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

ДАЛЕЕ

Рис. 2. Главное меню

**ВЫБЕРИТЕ НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЕ
КАЧЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ**

ГЛАВНОЕ МЕНЮ:

- **ДВИГАТЕЛЬ НЕ ЗАПУСКАЕТСЯ ИЛИ ЗАПУСКАЕТСЯ С ТРУДОМ**
 - ОБРЫВ (ПРОБОЙ) ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРОВОДОВ
 - НЕИСПРАВНОСТЬ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ
 - **НЕИСПРАВНОСТЬ КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ**
 - ПРОБОЙ КРЫШКИ ДАТЧИКА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ
 - НЕИСПРАВНОСТЬ ТРАНЗИСТОРНОГО КОММУТОРА
 - НЕИСПРАВНОСТЬ ДАТЧИКА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ
 - НЕИСПРАВНЫ СВЕЧИ ЗАЖИГАНИЯ
 - НЕИСПРАВНОСТЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО РЕГУЛЯТОРА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ
- **НЕИСПРАВНОСТЬ ВАКУУМНОГО РЕГУЛЯТОРА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ**

ДАЛЕЕ

Рис. 3. Выбор нужного признака

Для перемещения по меню используются «стрелки», выбор позиций осуществляется нажатием клавиши «Space». Переход к следу-

ющему меню осуществляется нажатием клавиши «ДАЛЕЕ».

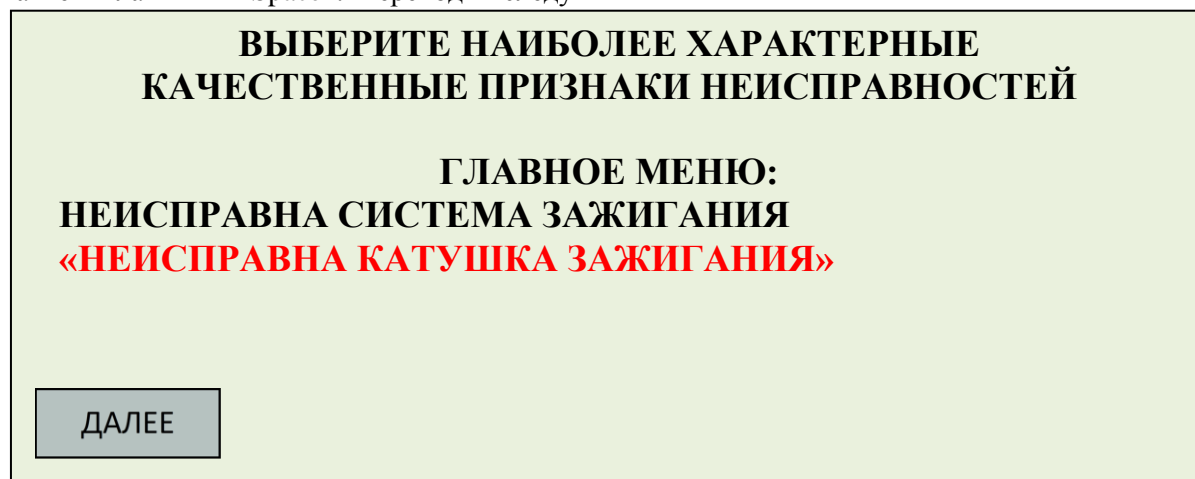


Рис. 4. Вывод неисправности

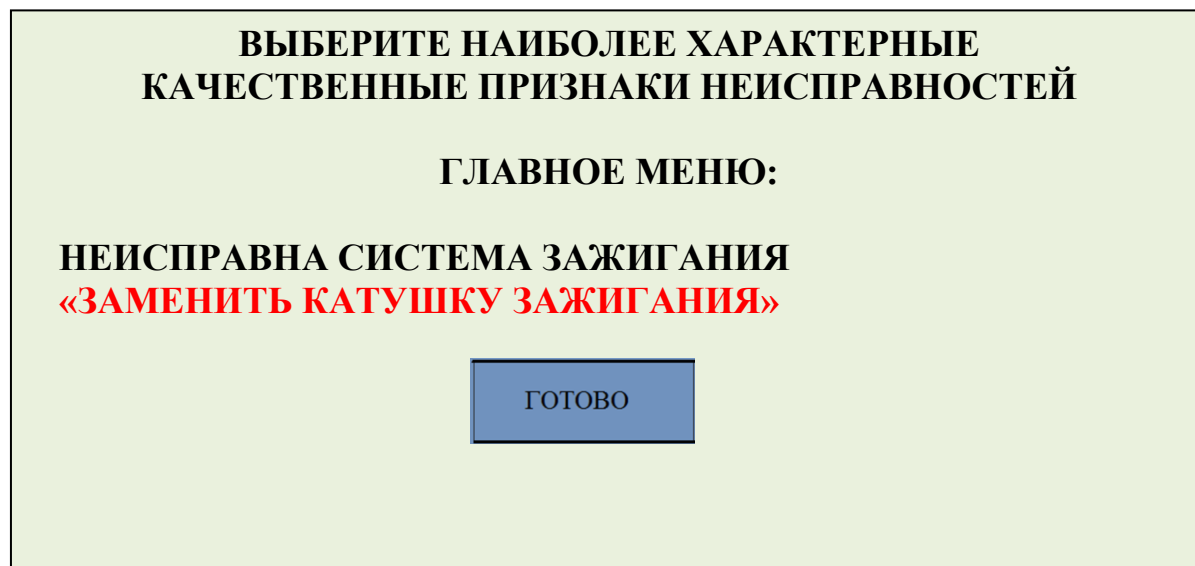


Рис. 5. Исправление неисправности

Основываясь на вышеуказанных преимуществах метода, возможно, существенно сократить время на поиск неисправностей системы зажигания двигателей и повысить оперативность диагностирования. На поиск неисправности затраты времени могут достигать более 50% времени от общего времени на устранение неисправности.

Предлагаемая программа поиска неисправностей в системе зажигания двигателей позволит оперативно проводить диагностирование, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии. Данный метод создает предпосылки к росту коэффициента технической готовности парка, увеличению мощности автомобилей и повышению эффективности работы на линии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1980. 575 с.
2. Обшивалкин М.Ю. Исследование влияния затрат грузовых автомобилей с наработкой / М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули, Ю.В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 3. С. 14-20.
3. Лянденбургский В.В. Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей: монография / В.В. Лянденбургский – Пенза, ПГУАС 2010. 110 с.
4. Пинт Э.М. Метод распознавания печатных знаков и распространение его на образы, связанные с автоматизацией работы дорожных машин / Э.М. Пинт, И.И. Романенко, И.Н. Петровнина, В.С. Козицин, К.А. Еличев // Мир

транспорта и технологических машин. 2011. № 3. С. 125-129.

5. Лянденбургский В.В. Встроенная система диагностирования бензиновых двигателей / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, Р.Р. Сейфетдинов // Наукоедение, 2014. № 3. С. 1-11.

6. Лянденбургский В.В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей авто-

мобилей. / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 4. С. 3-9.

7. Лянденбургский В.В. Программа поиска неисправностей транспортных средств / Лянденбургский В.В., Тарасов А.И., Федосков А.В., Кривобок С.А. // Контроль. Диагностика. М., 2012. № 8. С. 23-29.

Вендин С.В., д-р техн. наук, проф.
Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина
Щербинин И.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К РАСЧЕТУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИМПУЛЬСА ПРИ СВЧ ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕД

elapk@mail.ru

Рассмотрены вопросы расчета распространения электромагнитного импульса при СВЧ обработке диэлектрических сред. Дается общая постановка задачи, в которой на диэлектрический объект падает плоская электромагнитная волна в виде импульса.

В основу решения положены законы распространения электромагнитных волн в диэлектрических средах. Приводятся: общее решение определения мгновенного значения электромагнитного поля в глубине объекта, и частные решения для импульсов гауссовой, прямоугольной формы и высокочастотного прямоугольного импульса, а также соотношения для расчета СВЧ мощности рассеиваемой в полупроводящей среде при импульсной высокочастотной обработке.

Ключевые слова: СВЧ, высокочастотный импульс, диэлектрический объект, электромагнитная волна, напряженность электромагнитного поля, электрическое поле, СВЧ мощность.

В последнее время при разработке СВЧ технологий все более широкое внимание уделяется использованию импульсных СВЧ - источников. В связи с этим весьма актуальным является изучение вопросов распространения высокочастотных импульсов в полупроводящих средах, вопросов передачи СВЧ - мощности в определенную зону исследуемого объекта. В научной литературе известны отдельные работы, посвященные распространению электромагнитного импульса в полупроводящих средах [1] и, в частности, работы [2, 3, 4].

Ниже мы рассмотрим общее решение задачи распространения электромагнитного импульса для случая полупроводящих сред.

Пусть напряженность электрического поля падающей на объект плоской ЭМВ описывается выражением вида

$$\dot{E}_{y0} = \dot{E}_0 \exp(ik_0 z). \quad (1)$$

Введем понятие комплексной передаточной функции [1], определяющей напряженность электрического поля на произвольной глубине $z = d$:

$$\dot{G}(d, \omega) = \dot{E}_y(d, \omega) / \dot{E}_0, \quad (2)$$

где $\dot{E}_y(d, \omega)$ - комплекс напряженности электрического поля на произвольной глубине $z=d$; \dot{E}_0 - комплекс напряженности электрического поля падающей электромагнитной волны на поверхности объекта.

Заметим, что величина $\dot{G}(d, \omega)$ связана с коэффициентом отражения ЭМВ на поверхности объекта $R(0, \omega)$ соотношением:

$$\dot{R}(0, \omega) = \dot{G}(0, \omega) - 1. \quad (3)$$

В том случае, когда поле волны, нормально падающей на плоскую поверхность, представляет некоторый импульс вида

$$e_y(z, t) = e_y(0, 0) \Phi(z, t). \quad (4)$$

Спектр частот, содержащихся в импульсе, определяется преобразованием Фурье [1, 5]

$$\dot{E}_y^s(z, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} e_y(z, t) e^{i\omega t} dt. \quad (5)$$

Тогда поле волны, переданной в среду на глубине $z = d$, и на частоте ω имеет следующее выражение:

$$\dot{E}_y(d, \omega) = \dot{E}_y^s(0, \omega) \dot{G}(d, \omega). \quad (6)$$

В таком случае мгновенное значение поля на глубине d обусловленное действием всего импульса, определяется интегралом обратного преобразования Фурье [1, 5]

$$e_y(d, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{E}_y^s(0, \omega) \dot{G}(d, \omega) e^{-i\omega t} d\omega. \quad (7)$$

Таким образом, соотношения (1)-(7) описывают реакцию среды на импульсное воздействие.

Рассмотрим важные частные случаи различной формы электромагнитного импульса.

I. Импульс имеет гауссову форму [1]

$$e_y(z, t) = e_y(0, 0) \exp \left[-\left(t - \frac{z}{c} \right)^2 / 2t_1^2 \right]. \quad (8)$$

$$\dot{E}_y^s(z, \omega) = e_y(0, 0) t_1 (2\pi)^{\frac{1}{2}} \exp(-\omega^2 t_1^2 / 2) \exp(i\omega z / c). \quad (9)$$

$$\dot{E}_y^s(0, \omega) = e_y(0, 0) t_1 (2\pi)^{\frac{1}{2}} \exp(-\omega^2 t_1^2 / 2). \quad (10)$$

$$e_y(d, t) = (2\pi)^{-1} \int_{-2,6t_1}^{2,6t_1} E_y^s(0, \omega) \dot{G}(d, \omega) e^{-i\omega t} d\omega. \quad (11)$$

II. Импульс имеет прямоугольную форму длительностью τ_0 .

$$\frac{e_y(z, t)}{e_y(0, 0)} = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 - z/c & 0 < t < \tau_0 \\ 0 & t > \tau_0 \end{cases}. \quad (12)$$

$$\dot{E}_y^s(0, \omega) = e_y(0, 0) \frac{2 \sin(\tau_0 \omega / 2)}{\omega} e^{i\tau_0 \omega / 2}. \quad (13)$$

$$e_y(d, t) = (2\pi)^{-1} \int_{-\frac{2\pi}{\tau_0}}^{\frac{2\pi}{\tau_0}} \dot{E}_y^s(0, \omega) \dot{G}(d, \omega) e^{-i\omega t} d\omega. \quad (14)$$

III. Высокочастотный прямоугольный импульс длительностью τ_0

$$\frac{e_y(z, t)}{e_y(0, 0)} = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ \sin(\omega_0 t - z/c) & 0 < t < \tau_0 \\ 0 & t > \tau_0 \end{cases}. \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_y^s(0, \omega) &= e_y(0, 0) \left[\frac{1}{\omega_0 - \omega} \sin\left[\frac{\omega_0 - \omega}{2} \tau_0\right] \times \right. \\ &\times \exp\left[-i\left(\frac{\omega - \omega_0}{2} \tau_0 + \frac{\pi}{2}\right)\right] - \frac{1}{\omega_0 + \omega} \sin\left[\frac{\omega_0 + \omega}{2} \tau_0\right] \times \\ &\times \exp\left[-i\left(\frac{\omega + \omega_0}{2} \tau_0 + \frac{\pi}{2}\right)\right] \left. \right]. \end{aligned} \quad (16)$$

$$e_y(d, t) = (2\pi)^{-1} \int_{\omega_0 - \frac{2\pi}{\tau_0}}^{\omega_0 + \frac{2\pi}{\tau_0}} \dot{E}_y^s(0, \omega) \dot{G}(d, \omega) e^{-i\omega t} d\omega. \quad (17)$$

Заметим, что в том случае, когда падающее поле на границе раздела сред имеет вид:

$$e_y(0, t) = U_y(t) \sin \omega t. \quad (18)$$

Реакцию среды на глубине $z = d$ можно оценить по огибающей ЭМП. Тогда, согласно [6] поле и огибающая ЭМП на глубине $z = d$ определяются выражениями:

$$e_y(d, t) = U_y(d, t, \omega) \sin \omega t. \quad (19)$$

$$U_y(d, t, \omega) = h(0) U_y(t) + \int_0^t h'(\tau) e^{i\omega \tau} U_y(t - \tau) d\tau. \quad (20)$$

Если $U_y(t)$ имеет форму прямоугольного импульса

$$\frac{U_y(t)}{e_y(0, 0)} = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & 0 < t \leq \tau_0 \\ 0 & t > \tau_0 \end{cases}, \quad (21)$$

то в соответствии с (12)-(14), получим:

$$U_y(d, t, \omega) = e_y(0, 0) \left[h(0) + \int_0^t h'(\tau) e^{-i\omega \tau} d\tau \right],$$

при

$$t \leq \tau_0 \quad (22)$$

при

$$t > \tau_0 \quad (23)$$

где

$$h(0) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \dot{G}(d, \omega) = \text{Re}(h(0)) + i \text{Im}(h(0)), \quad (24)$$

$$h'(\tau) = (2\pi)^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{G}(d, \omega) - h(0) \left] e^{i\omega \tau} d\omega. \quad (25)$$

Функцию $h'(\tau)$ можно определить также по вещественной частотной характеристике $\left[\dot{G}(d, \omega) - h(0) \right]$, методом h функций, известным из теории автоматического управления [7].

Отметим следующее: приведенные соотношения для распространения электромагнитного импульса в полупроводящей среде позволяют определить изменение амплитуды и формы импульса на глубине $z = d$ в зависимости от частоты ЭМВ - ω и длительности импульса τ_0 .

В то же время, известно [8, 9] что СВЧ мощность, рассеиваемая в полупроводящей среде, определяется соотношением:

$$P = \omega \varepsilon_0 \varepsilon / E^2 \lg \delta, \quad (26)$$

где ε_0 - диэлектрическая постоянная; $\lg \delta$ - тангенс угла потерь; ε - диэлектрическая проницаемость среды; $/E^2$ - квадрат модуля напряженности электрического поля.

И, если СВЧ мощность излучается в виде периодических импульсов длительностью τ_0 с периодом следования T_y , то средняя СВЧ мощность, рассеиваемая в среде за период, определится по выражению:

$$P_{cp} = \frac{1}{T_y} \int_0^{T_y} P(t) dt \quad (27)$$

Тогда, с учетом (26), получим:

$$P_{cp} = \frac{1}{T_y} \omega \varepsilon_0 \varepsilon \lg \delta \int_0^{T_y} /E^2 dt. \quad (28)$$

В таком случае среднюю СВЧ - мощность за период на глубине $z = d$ с учетом соотношений (19)-(20) можно определить следующим образом:

$$P_{cp} = \frac{1}{T_y} \omega \varepsilon_0 \varepsilon \lg \delta \int_0^{T_y} U_y^2(d, t, \omega) dt. \quad (29)$$

Импульсная СВЧ мощность на глубине $z = d$ определится в соответствии с выражением:

$$P_u(d) = P_{cp}(d) \frac{T_u}{\tau_0}. \quad (30)$$

Таким образом нами получено общее решение задачи распространения высокочастотного электромагнитного импульса при СВЧ обработке диэлектрических сред.

Мгновенные значения напряженности электрического поля для высокочастотного прямоугольного импульса в глубине объекта определяются выражениями (19) и (25).

Для расчета СВЧ мощности, рассеиваемой в полупроводящей среде можно использовать соотношения (26)-(30).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кинг Р., Смит Г. Антенны в материальных средах. М.: Мир, 1984. Кн.1,2.
2. Бабенко А.А., Вендин С.В. Расчет импульсных электромагнитных полей при СВЧ облучении диэлектрических материалов, ограниченных металлическим экраном// Моделирование и автоматизация технологических процессов с.-х. производства: Сб.науч.тр. МИИСП. М., 1991. С. 14-18.
3. Бабенко А.А., Вендин С.В. Энергетический спектр излучения при импульсном СВЧ-воздействии на семена с.х. растений/ Науч. техн.конф. ВНИПТИМЭСХ по итогам исследований 1990. Зерноград, 1991.С. 97-101.
4. Бабенко А.А., Вендин С.В. Распространение электромагнитного импульса при СВЧ-обработке семян// Сб. науч. тр. МИИСП, 1992.
5. Виноградов А.А., Зябкина О.Н. Показатели качества электрической энергии, обусловленные применением светодиодных светильников / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 159-161.
6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электромагнитное поле. Учебник для вузов.- 7-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1978. 231 с.
7. Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербakov О.В. Основы теории надежности автоматических систем управления: Учебное пособие для вузов. Л.: Энергоатомиздат, Ленигр. отделение, 1984.-208 с.
8. Глуханов Н.П. Физические основы высокочастотного нагрева. -Л.: Машиностроение, 1989. 56 с.
9. Виноградов А.А. Нестеров А.М., Нестеров М.Н. Энергостабильность региона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 124-126.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Аверкова О.А., канд. техн. наук, доц.,
Крюков И.В., аспирант,
Толмачева Е.И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЖЕКЦИИ ВОЗДУХА В КРУГЛОЙ ТРУБЕ С БАЙПАСНОЙ КАМЕРОЙ*

Рассматривается динамика воздушных потоков в непроницаемой круглой трубе, расположенной внутри цилиндрической байпасной камеры. Эжектирующее действие потока сыпучего материала имитируется с помощью вентилятора, расположенного внутри трубы. Численное моделирование осуществляется с помощью метода граничных интегральных уравнений и разработанной на его основе компьютерной программы. Производится сравнение численных и натурных экспериментов.

Ключевые слова: аспирация, перегрузка сыпучих материалов, эжекция воздуха, байпасная камера.

Введение. Для снижения объема эжектируемого воздуха и производительности системы аспирации используют свойства рециркуляции воздушных потоков в системе «загрузочная труба - байпасная камера» [1-5]. В виду сложности проведения экспериментов с многофазными потоками создание имитационных моделей представляет значительный научный и практический интерес как для натурного, так и вычислительного экспериментов. Целью настоящей работы является создание натурной и компьютерной моделей эжекции воздуха в круглой непроницаемой трубе с байпасной камерой.

1. Натурный эксперимент

Экспериментальная установка (рис.1,2) состоит из нижнего короба, выполненного из ДВП, одна из сторон которого выполнена из прозрачного оргстекла, верхнего короба (картонный короб), загрузочной трубы (труба из ПВХ), цилиндрической байпасной камеры, скрученной из листа ПЭТ. Загрузочная труба и байпасная камера соединяют нижний и верхний короба укрытия. Загрузочная труба закреплена на нижнем коробе посредством шпильки, проходящей через всю полость короба. На верхней крышке нижнего короба сделано круглое отверстие диаметром равным диаметру байпасной камеры. Байпасная камера опирается на шпильку. Верхняя часть байпасной камеры и загрузочной трубы соединены шпилькой, которая не дает загрузочной трубе падать, и поддерживает ее соосно с байпасной камерой. Верхний короб с проделанным круглым отверстием одевается на

байпасную камеру. В центре загрузочной трубы находится осевой вентилятор, который моделирует поток эжектируемого воздуха. Щели на соединениях заизолированы.

Исследование процессов циркуляции воздуха в цилиндрической байпасной камере осуществлялось при следующих исходных данных: приемная камера с размерами 0,45 м × 0,4 м × 0,55 м; загрузочная труба и байпасная камера длиной 1,2 м; радиус загрузочной трубы $R_{тр} = 0,05$ м; радиус байпасной камеры имел три значения: $R_6 = 0,075$ м; 0,1 м; 0,15 м; производительность вентилятора $Q = 0,028$ м³/с, $P = 35$ Па.

Производились измерения значений давления P и скорости воздуха v в каналах цилиндрической байпасной камеры. Скорость воздуха в загрузочной трубе определим по формуле, зная расход воздуха Q и диаметр загрузочной трубы: $v = Q / (\pi R_{тр}^2) \approx 3,7$ м/с.

Натурный эксперимент подтвердил наличие рециркуляции воздуха. **Воздушный** поток в трубе движется вертикально вниз, при выходе из трубы меняет свое направление в байпасной камере и движется вверх, затем снова всасывается в трубу.

Измерение давления (табл. 1) проводилось микроманометром ММН-240. Здесь введено обозначение $\eta = R_6 / R_{тр}$. Замеры производились в нижнем коробе, в нижней точке байпасной камеры на расстоянии 5 см от верхней крышки нижнего короба, в верхней точке бай-

пасной камеры на расстоянии 5 см от нижней крышки верхнего короба и в верхнем укрытии. Ввиду очень малых значений давлений измере-

ния проводились при наклоне трубки со значением коэффициента $K=0,2$.

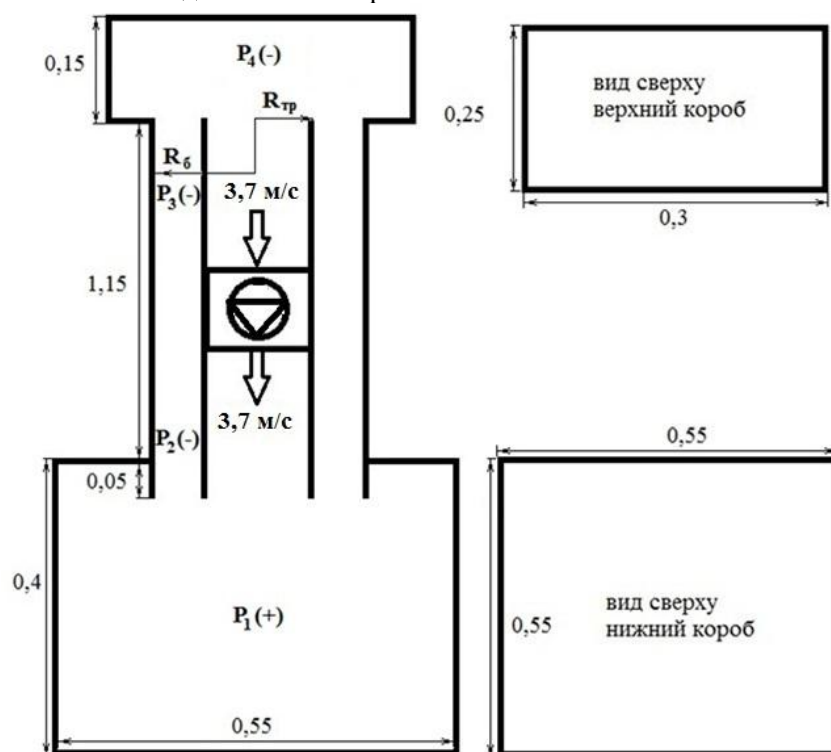


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Таблица 1

Эмпирические значения давлений при значении коэффициента $K=0,2$

η	$P, \text{ кгс/м}^2$	$P_1 (+)$	$P_2 (-)$	$P_3 (-)$	$P_4 (-)$
1,5		2	4,5	4,5	4,5
2		≤ 1	1	1	1
3		$\leq 0,5$	0,5	0,5	0,5



Рис. 2 Фото экспериментальной установки

Знак «+» и «-» в скобках означает избыточное давление и разрежение соответственно. Погрешности в значениях давления P_1 объясняются отсутствием повышения эжекционного давления во время падения материала и наличием неплотностей. Давления $P_2 - P_4$ одинаковые, т.к. разрежение создаваемое вентилятором гидравлически связывает байпасную камеру и верхний короб укрытия. Значение разрежения вентилятора в трубе составляет 7 кгс/см^2 .

Измерения скорости проводились термоанемометром testo 425 в точке, расположенной в центре кольца между трубой и байпасной камерой в сечении на расстоянии 0,55 м от нижнего короба (сечение, где находится вентилятор). Измерения усредненных значений прибора проводились 7 раз каждый в течение 1 минуты.

2. Вычислительный эксперимент

Вычислительный алгоритм строился на основе метода граничных интегральных уравнений [7-8].

По границе S области течения непрерывно размещались фиктивные источники (стоки) не-

известной заранее интенсивности $q(\xi)$. Их величины должны быть таковы, чтобы их суммарное воздействие на точки границы индуцировало в них заданные значения нормальной составляющей скорости, то есть выполнялись граничные условия.

Значение скорости в произвольной точке x области вдоль единичного вектора \vec{n} определится из следующей формулы:

$$v_n(x) = \int_S F_2(x, \xi) q(\xi) dS(\xi), \quad (1)$$

где $S(\xi)$ обозначает, что ξ является переменной интегрирования; функция

$$F_2(x, \xi) = \frac{1}{2\pi} \frac{(x_1 - \xi_1)n_1 + (x_2 - \xi_2)n_2}{(x_1 - \xi_1)^2 + (x_2 - \xi_2)^2}$$

выражает собой влияние на точку $x(x_1, x_2)$ единичного источника, расположенного в точке $\xi(\xi_1, \xi_2)$ вдоль единичного вектора $\vec{n} = \{n_1, n_2\}$.

$$v_n(x_0) = -\frac{1}{2} q(x_0) + \int_S F_2(x_0, \xi) q(\xi) dS(\xi), \quad (3)$$

где интеграл уже не содержит точку $x_0 = \xi$.

Граничное интегральное уравнение (3) является интегральным уравнением Фредгольма 2-го рода. Аналитически оно не решается для областей с произвольными границами, поэтому применяется следующий численный метод его решения. Граница области течения разбивается на прямолинейные отрезки (граничные элемен-

$$-\frac{1}{2} q(x_0^p) + \sum_{\substack{k=1, \\ k \neq p}}^N q(\xi^k) \int_{\Delta S^k} F_2(x_0^p, \xi^k) dS(\xi^k) = v_n(x_0^p), \quad p = 1, 2, \dots, N, \quad (4)$$

ξ^k - произвольная точка k -го отрезка, ΔS^k - k -ый отрезок.

Решив эту систему уравнений и определив неизвестные интенсивности источников (стоков) можно определить искомую скорость во внутренней точке вдоль заданного направления по формуле:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N q(\xi^k) \int_{\Delta S^k} F_2(x, \xi^k) dS(\xi^k). \quad (5)$$

На основе приведенных основных расчетных соотношений была разработана компьютерная программа, с помощью которой был выполнен ряд вычислительных экспериментов, соответствующих ранее выполненным натурным.

Линии тока для случая $R_{\text{тр}} = 0,05\text{м}$; $R_0 = 0,15\text{м}$ изображены на рис.3.а. Вычислительный эксперимент улавливает зону рецирку-

Формула (1) являлась бы решением задачи, если бы интенсивности $q(\xi)$ были бы известны. Для их определения устремим внутреннюю точку x к граничной точке x_0 вдоль направления внешней нормали. Получим следующее выражение:

$$v_n(x_0) = \int_S^* F_2(x_0, \xi) q(\xi) dS(\xi), \quad (2)$$

где интеграл имеет особенность, что обозначено *. Действительно $\lim_{x_0 \rightarrow \xi} F_2(x_0, \xi) = \infty$. Такое

интегральное уравнение называется сингулярным. Однако интеграл в выражении (2) является сходящимся. Если окружить точку ξ полукругом бесконечно малого радиуса и вычислить интеграл по ней, то он будет равен $-\frac{1}{2} q(x_0)$.

Таким образом, получим:

ты). Вдоль каждого из отрезков интенсивность источников (стоков) не изменяется. Тогда, записав уравнение (3) для середин x_0^p каждого p -го из N полученных отрезков, получим систему N линейных алгебраических уравнений с N неизвестными $q(\xi^1), q(\xi^2), \dots, q(\xi^N)$:

ляции, зона восходящего потока воздуха наблюдается, но величина скорости в байпасной трубе значительно превышает экспериментально наблюдаемое: 1,8 м/с против 0,43 м/с. Это связано с некорректным сведением трехмерной задачи к плоской. Отмеченная некорректность устранялась следующим образом.

В качестве характерного размера выбиралась полуширина нижнего короба равная 0,275м. Таким образом при сохранении расхода воздуха круглая труба преобразовывалась в прямоугольное с длиной 0,275м и полушириной l , определяемой из выражения $\pi R^2 = 0,275l$. Сравнение вычисленных значений скорости с экспериментальными показывает их удовлетворительное согласование (табл.2). Линии тока при этом имеет вид, изображенных на рис. 2б-г.

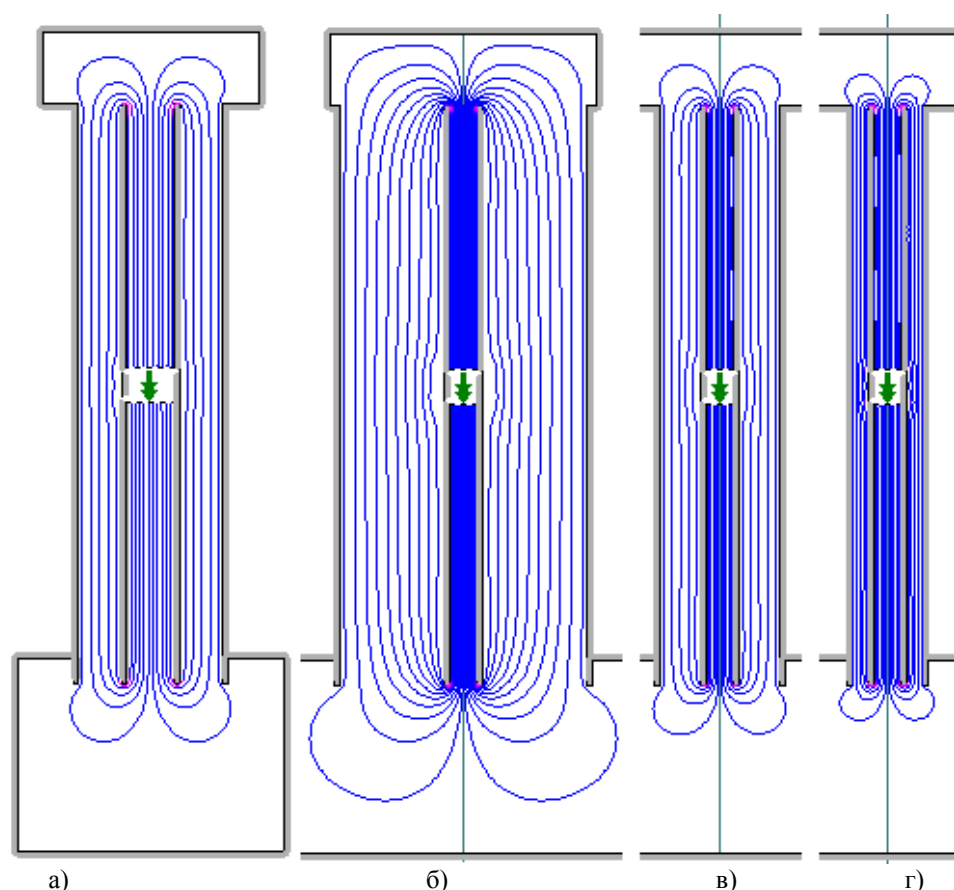


Рис.3. Линии тока в зоне рециркуляции: а) $R_\delta = 0,15$ м; б) $l_\delta = 0,257$ м;
в) $l_\delta = 0,124$ м; г) $l_\delta = 0,074$ м

Таблица 2

Сравнение расчетных и экспериментальных величин скорости

η	R_δ , м	l_δ , м	$v_{\text{эксп}}$, м/с	$v_{\text{числ}}$, м/с	v_a , м/с
0,075	0,075	0,074	2,25	2,635	2,8
0,1	0,1	0,124	1,075	1,117	1,167
0,15	0,15	0,257	0,45	0,43	0,438

Заключение

В процессе физического и вычислительного экспериментов исследована рециркуляция воздуха в системе «загрузочная труба - байпасная камера». Определены значения скорости и давлений в байпасной камере. Получено удовлетворительное согласование значений скорости, найденных экспериментальных и вычислительным путем.

**Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-08-31069-мол_а), Совета по грантам Президента РФ (проект МК-103.2014.1) и грант РФФИ №14-41-08005p_офи_м.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха ускоренным потоком частиц в перфорированном вертикальном канале с байпасной камерой. Сообщение 1. Уравнения

динамики эжектируемого и рециркулируемого воздуха // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 10. С. 46-53;

2. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха ускоренным потоком частиц в перфорированном вертикальном канале с байпасной камерой. Сообщение 2. Линеаризация дифференциальных уравнений // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 11-12. С. 62-70;

3. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха ускоренным потоком частиц в перфорированном вертикальном канале с байпасной камерой. Сообщение 3. Численный эксперимент и результаты исследований // Известия высших учебных заведений. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 1. С. 79-87.

4. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Крюков И.В. Особенности рециркуляции воздуха в перегрузочном желобе с комбиниро-

ванной байпасной камерой. Сообщение 1. Основные уравнения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 4. С. 62-71.

5. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Крюков И.В. Особенности рециркуляции воздуха в перегрузочном желобе с комбинированной байпасной камерой. Сообщение 2. Решение уравнений и результаты расчета // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 5. С. 54-62.

6. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Изд. Химиздат, 2005. 659 с.

7. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. - М.: Изд. Мир, 1987. 525 с.

8. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов к технике. - М.: Изд. Мир, 1982. 248 с.

*Графкина М.В., д-р. техн. наук, проф.,
Нюнин Б.Н., д-р, техн. наук, проф.,
Свиридова Е.Ю., канд. техн. наук,
Теряева Е.П., аспирант*

Московский государственный машиностроительный университет

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

evg_sviridova@mail.ru

В статье приведены научно-практические рекомендации по повышению экологической безопасности в условиях плотной городской застройки. Представлены результаты исследования инфразвуковых и электромагнитных полей, установлена теоретическая зависимость уровня инфразвука от состава автотранспортного потока, скорости транспортных средств; выявлена связь между интенсивностью движения и значениями напряженностей электрического и магнитного полей. В настоящее время не в полной мере используются защитные свойства строительных конструкций. Заборы, ограждения, фасады зданий, акустические экраны, транспортные туннели и др. должны стать объектами исследований и полигонами для реализации мер по повышению экологической безопасности территории существующей городской застройки. Предлагаемые авторами мероприятия позволяют уменьшить уровни электромагнитных полей, шума и химического загрязнения.

Ключевые слова: экологическая безопасность, городская застройка, урбанизированные территории, мероприятия, шумовое воздействие, электромагнитное поле, загрязнение атмосферы, строительные конструкции.

Основанным источником негативного воздействия на урбанизированных территориях является автомобильный транспорт, влияние которого неблагоприятно сказывается на качестве воздушной городской среды и уровне акустического, вибрационного, электромагнитного комфорта. По существующей статистике в 40 субъектах Российской Федерации более 54% городского населения находится под воздействием высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха [1], а по экспертным оценкам до 70% территории города Москвы подвержены сверхнормативному шуму. Необходимость решения этих экологических проблем отражена в ряде правовых документов, в том числе Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года.

Известны и широко используются основные подходы к повышению экологической безопасности урбанизированных территорий и автомобильного транспорта. На первом месте стоят технические решения, направленные на совершенствование конструкции автомобиля как источника факторов неблагоприятного воздействия и переход транспортных средств на более высокие экологические классы, что сопряжено с уменьшением токсичных компонентов в выхлопах и уровня шума, производимого механизмами, системами и узлами автомобиля. Принимаются меры по снижению шума качения при движении автотранспортных средств путем изменения

рисунка протектора автомобильных шин, так за счет конструктивных особенностей авторезины общий уровень шума может быть уменьшен.

Широко реализуются организационные и технические меры по модернизации транспортной системы урбанизированных территорий и эффективной организации дорожного движения. Модернизация предусматривает обеспечение хозяйственно-деловых и потребительских перевозок, а также гарантированную защиту селитебных и рекреационных территорий от транспортного шума и отработавших выхлопных газов автомобилей [2].

На второе место можно поставить мероприятия по изменению состояния компонентов городских территорий, от которых также зависит уровень дискомфорта создаваемый автомобильным транспортом. К таким мероприятиям относятся применение современных технологий дорожных покрытий и асфальтобетонных смесей шумопоглощающих марок, установка шумозащитных экранов. Например, эффект снижения шума транспортных средств за счет использования шумогасящих дорожных покрытий может достигать 8 дБА на постоянных скоростях и 4 дБА в режиме разгона [3]. Масштабные меры принимаются по увеличению численности зеленых насаждений для создания «зеленых легких» города и снижения содержания вредных примесей в воздухе городской среды и уровня шума.

Однако, не смотря на значительные наработки, внедрение и использование современных технологий и достижений науки и техники проблема экологической безопасности городской застройки по-прежнему остается крайне актуальной особенно в крупных городах. Наиболее остро дискомфорт от воздействия автотранспорта наблюдается на территориях уже полностью сложившейся плотной застройки, а многие известные и эффективные мероприятия в полном объеме можно реализовать только в рамках новых градостроительных планов при строительстве новых городских объектов.

Считаем, что в сложившейся ситуации необходимо более тщательно исследовать возможности изменения структуры и свойств всех компонентов городской среды, которые могут повлиять на повышение экологической безопасности окружающей среды, защищенности и комфортности населения. На наш взгляд, в настоящее время не в полной мере используются защитные свойства строительных конструкций. В данной работе под строительной конструкцией мы понимаем часть здания или другого строительного сооружения, которая выполняет определенные несущие, ограждающие и (или) эстетические функции [4]. Заборы, ограждения, фасады зданий, акустические экраны, строительные конструкции транспортных туннелей и др. должны стать объектами исследований и полигонами для реализации мероприятий по повышению экологической безопасности территории городской застройки и снижению воздействия автотранспортных средств и других источников негативных факторов.

Авторы на протяжении длительного времени проводят исследования в области мониторинга физических факторов и разработки мероприятий по снижению их негативного воздействия на окружающую среду [5-7]. Полученные результаты позволяют выделить некоторые аспекты возникновения и распространения таких физических факторов как инфразвук, низкочастотные шумовые и электромагнитные поля и сформулировать ряд предложений по использованию строительных конструкций для реализации мероприятий по повышению экологической безопасности урбанизированных территорий.

Шумовое воздействие. Появление на улицах городов гибридных и электромобилей, совершенствование шумопонижающих характеристик дорожных покрытий и шин, несомненно, приведет к существенному снижению шума в звуковом диапазоне. Однако, авторы считают, что уровень инфразвука и

низкочастотный шум останется без изменений в силу природы генерации этих колебаний – срыв воздушных потоков с обдуваемых поверхностей транспортного средств.

Проведенные исследования показали превышение допустимого уровня шума в этом частотном диапазоне для селитебных территорий,

Для расчетной оценки уровня внешнего инфразвука были выбраны несколько различных типов автомобилей (автобус, грузовой автомобиль, малотоннажный грузовой автомобиль, легковой автомобиль, гибридный легковой автомобиль и микролитражный городской автомобиль. Величина инфразвукового давления оценивалась по формуле:

$$P = \frac{\rho}{c^3} (C_x \cdot S_h)^2 \cdot V^6 \cdot l^2, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$; c – скорость звука, $c = 340 \text{ м/с}$; C_x – коэффициент лобового сопротивления автомобиля; S_h – число Струхала; V – скорость автомобиля, м/с ; l – длина автомобиля, м .

На рисунке 1 представлен график уровня инфразвука при различной длине автомобиля. Из графика видно, что при увеличении длины автомобиля в 2 раза уровень внешнего инфразвука увеличивается на 10 дБ, а при увеличении длины автомобиля до 12 м уровень внешнего инфразвука увеличивается на 22 дБ.

На рисунке 2 показаны уровни внешнего инфразвука от различных автомобилей при разной скорости движения. Максимальные уровни инфразвука, как видно из графика у автобуса, грузового автомобиля и малотоннажного грузового автомобиля.

Проведенные исследования показали превышение допустимого уровня инфразвука для жилой застройки, установлена теоретическая зависимость уровня этого вида шума от состава (структуры) автотранспортного потока, скорости движения транспортных средств.

Строительные конструкции не только являются отражающими поверхностями, которые могут влиять на формирование ближнего поля инфразвуковой и шумовой волн, но могут быть использованы для установки системы из одиночных поглотителей низкочастотного шума.

Например, резонансный поглотитель акустической энергии, состоящий из воздушной полости и подвижного элемента, собственные частоты которого настраиваются на частоты,

которые имеют максимальный уровень в шуме городской среды (рис. 3).

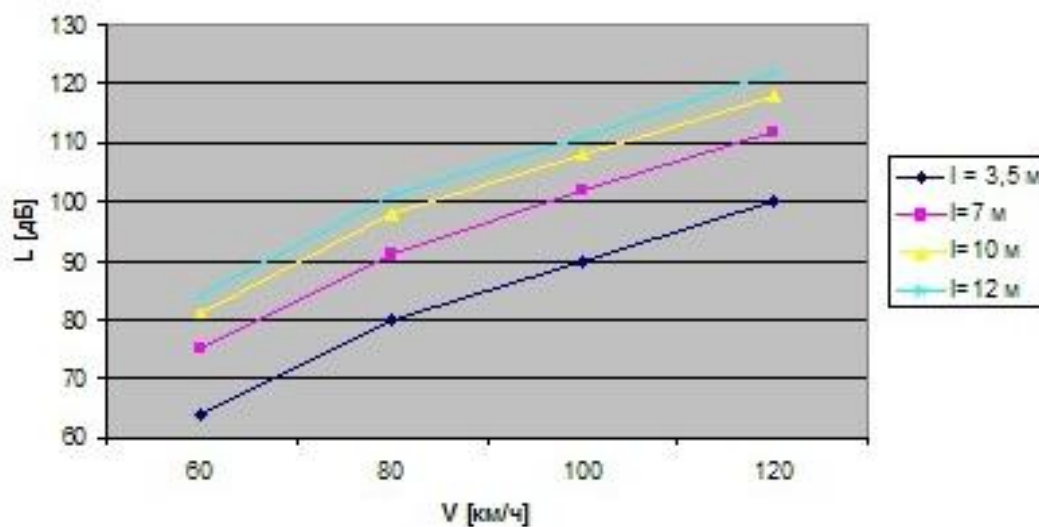


Рис. 1. Уровень инфразвука при различной длине автомобиля

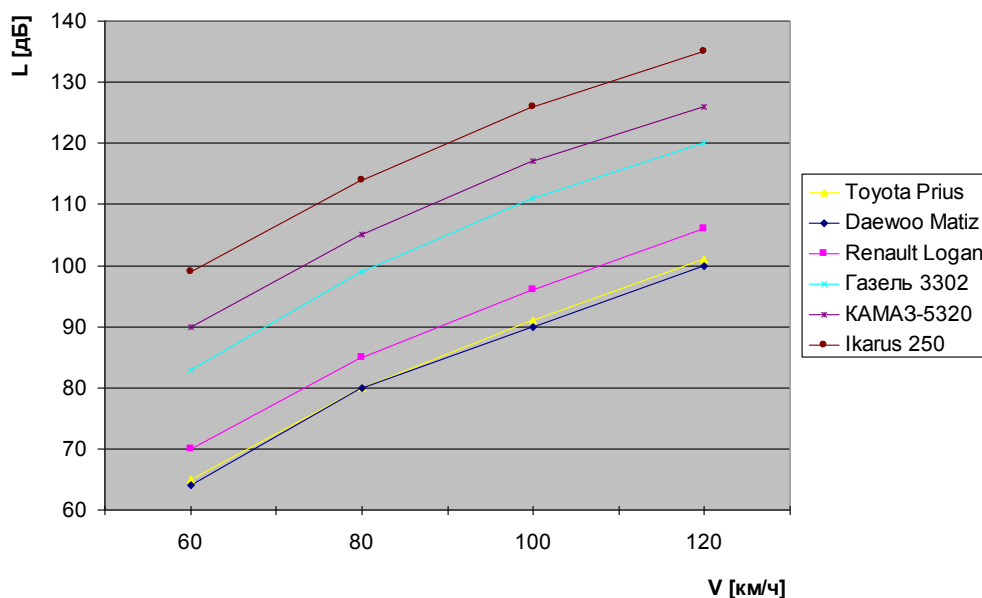


Рис. 2. Уровень инфразвука различных автомобилей

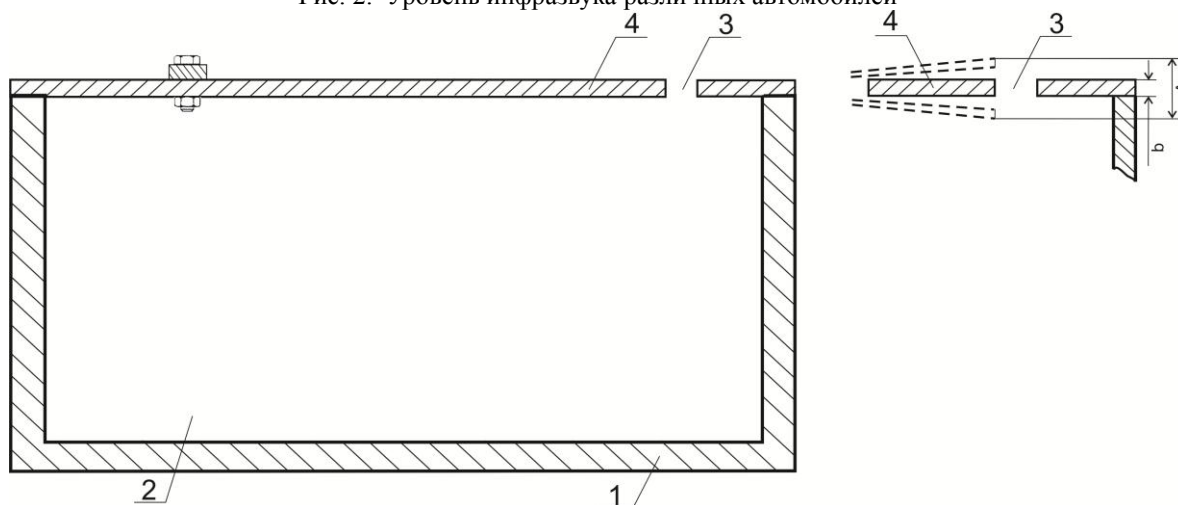


Рис. 3. Резонансный звукопоглотитель

1 – корпус с воздушной полостью, 2 – воздушный объем, 3 – зазор, 4 – подвижный элемент

Электромагнитное воздействие. В настоящее время принято оценивать экологическую безопасность автомобиля в основном по уровню шума, по содержанию вредных веществ в отработавших газах и воздействию этих выбросов на атмосферу. Однако по литературным данным доля электромагнитного загрязнения автотранспортом урбанизированных территорий составляет 18-32% [8], и проблема электромагнитного загрязнения от автотранспорта урбанизированных территорий

актуальна [9]. Считаем, что рост общего числа автомобилей (особенно электромобилей и гибридных) на транспортных магистралях города приведет к изменению уровня электромагнитного поля в сторону увеличения. Авторы провели исследования характеристик электромагнитного поля вдоль городской автомобильной дороги в зависимости от интенсивности дорожного движения, расстояния от проезжей части, диапазона частот. Некоторые результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования электромагнитных полей вдоль автомобильной дороги

№ п/п	Интенсивность дорожного движения	Характеристики электромагнитного поля в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц		Характеристики электромагнитного поля в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц		Характеристики электромагнитного поля при частоте 50 Гц	
		Е, В/м	В, мкТл	Е, В/м	В, нТл	Е, В/м	Н, А/м
1	0 авто/мин	2	0,01	0,01	0	0,7	1,4
2	35 авто/мин	6	0,1	0,3	1	2	2,1
3	58 авто/мин	15	0,2	0,8	1	6	2,97

Полученные результаты подтверждают, что с ростом интенсивности движения на дороге возрастают показатели напряженности и электрического и магнитного поля в различных частотных диапазонах измерения.

В силу схожести волновых процессов строительные конструкции также являются здесь отражающими поверхностями, влияют на формирование ближнего поля низкочастотного электромагнитного поля. Необходимо при возведении конструкций использовать известные закономерности повышения эффективности экранирования электромагнитного поля, например в области низких частот эффективность электрического экранирования практически определяется качеством заземления, а в области высоких частот эффективность экрана, работающего в электромагнитном режиме, наряду с качеством заземления определяется его толщиной, проводимостью и магнитной проницаемостью.

Считаем, что необходимо шире применять для снижения уровня электромагнитного поля использование для окраски фасадов, заборов, других ограждений токопроводящих красок, которые производятся посредством ввода в их состав токопроводящих материалов: коллоидного серебра, графита, сажи, оксидов металла, порошковой меди и алюминия и др.

Наилучшие результаты обеспечивает краска, у которой в качестве токопроводящего пигмента применяется ацетиленовая сажа и графит. Токопроводящие краски обеспечивают экранирующую эффективность не менее 30 дБ в широком диапазоне частот.

Ингредиентное загрязнение атмосферы.

Еще долгое время в автомобилях будут использоваться двигатели внутреннего сгорания и неизбежно загрязнение атмосферы городов оксидом углерода, оксидами азота, диоксидом серы, углеводородам и другими загрязняющим веществам выхлопных газов. В литературных источниках есть рекомендации по использованию фотокаталитических покрытий на ограждающих поверхностях в городской среде (фасады зданий, тротуары, акустические экраны) для снижения концентрации оксида углерода и оксидов азота.

Результаты расчета эффективности использования фотокатализатора при размещении на ограждающих поверхностях приведены на рисунке 4 [10]. В качестве фотокаталитических покрытий предложены краски на основе диоксида титана.

Общие градостроительные мероприятия по снижению воздействия негативных факторов. Строительные конструкции, как компонент городской среды, в настоящее время в недостаточной мере используются для снижения негативного воздействия физических и химических факторов. Предлагаемые авторами мероприятия (например, нанесение дополнительных покрытий, интегрировании одиночных и системных поглотителей в конструкции ограждений, фасадов зданий, акустические экраны и др.) позволят уменьшить уровни электромагнитных полей, шума и химического загрязнения в условиях плотной городской застройки. Кроме этого, целесообразным является проведение

дальнейших исследований защитных свойств

строительных конструкций.

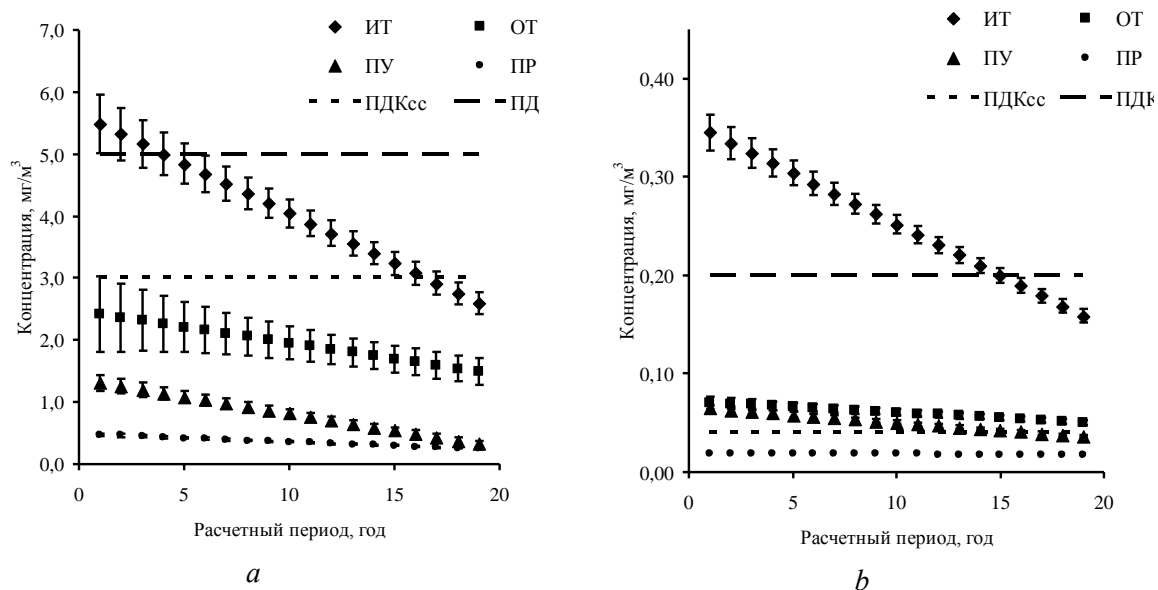


Рис. 4. Прогноз изменения концентрации загрязняющих веществ в воздухе при использовании фотокатализаторов: *a* – оксид углерода, *b* – оксиды азота

Наработки авторов в области мониторинга физических факторов выявили закономерности распространения полей в окружающей среде и подтвердили эффективность применения строительных конструкции для снижения уровня загрязнения на городских территориях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 года) [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70169264/#text> (дата обращения: 15.01.2015).
2. МДС 30-2.2008. Рекомендации по модернизации транспортной системы городов [Электронный ресурс]. URL: http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/54/54029/ (дата обращения: 15.01.2015).
3. Комлик Е.А., Васильев А.В. Математическое описание и расчет шума системы «шины автотранспортного средства – дорожное покрытие» // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. №1(9), т.12. С.2246-2249.
4. Методические указания по составлению московских городских строительных норм проектирования зданий и сооружений (территориальные строительные нормы г.Москвы), утв. Приказом Комитета по архитектуре и строительству города Москвы № 102 от 2 августа 2005 г. [Электронный ресурс].

URL: nordoc.ru/doc/46-46186 (дата обращения: 15.01.2015).

5. Графкина М.В., Свиридова Е.Ю. Экологический мониторинг инфразвуковых и электромагнитных полей транспортного потока // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2014. № 10. С. 87-91.
6. Графкина М.В., Нюнин Б.Н., Свиридова Е.Ю. Определение энергетического низкочастотного воздействия на застроенных территориях // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 116-124.
7. Графкина М.В., Нюнин Б.Н. К вопросу исследования тонкой структуры инфразвукового и электромагнитного полей автомобиля // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. №12. С.180-184.
8. Володина Н.А., Старостин А.К. Проблемы электромагнитной совместимости электронной аппаратуры и электрооборудования автотранспортных средств. М.: Изд. НИИАЭ, 2002. 500 с.
9. Михеев О.Л. Воздействие электромагнитного излучения в салоне автомобиля на человеческий организм // Автотракторное электрооборудование. 2004. №1-2. С.36-38.
10. Ворожин В.С. Разработка методики обеспечения экологической безопасности участников дорожного движения (на примере крупного города): Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2014. 20 с.

СОЦИАЛЬНЫЕ, ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Степанова-Третьякова Н.С. ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РОЛЬ ТРАДИЦИЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ РИСУНКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ УМЕНИЙ У СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ

natalia.stepanova-tretyackova@yandex.ru

Техническое образование в России, в данный момент с успехом осуществляет переход на двух-уровневую систему, которая включает в себя не просто профессиональный фактор, но и мобильность, коммуникабельность, интерактивность, и творческий подход. Поэтому качеству подготовки бакалавров направления архитектуры отводится главенствующее место. Три основополагающих компонента лежат в основе этой специальности: функция, конструкция и красота. Поэтому формирование художественных умений должно быть равносильным развитию конструктивно-пространственного мышления. А сочетание таких дисциплин как рисунок и архитектурный проект - взаимодополняющим.

Академическая школа рисунка, это исторически сложившаяся система художественного образования. Осваивая её закономерности графического изображения не только художники, но и архитекторы постигают законы изображения, развивают свои художественные умения и творческое мышление.

Ключевые слова: художественные умения, академическая система рисования, контурно-схематический, геометрально-математический, конструктивно-пространственный и пластический способы.

Методология. Методика преподавания традиций академической школы рисунка предполагает, прежде всего, обучение студентов технических высших учебных заведений специальности архитектура. Она нацелена на обретение знаний по рисунку, которые развивают художественные умения. Приобщает студентов-архитекторов к освоению окружающей среды, положительному влиянию на её благоустройство, на развитие пространственного и творческого мышления, формирование художественных и профессиональных умений.

Основная часть. Академическая школа рисунка, представляет собой огромное сложившееся наследие России, которое включает в себя целую систему накопленного опыта. Она является истинной духовной и материальной исторически сформировавшейся ценностью мировой культуры. Представляет собой мощный фундамент во всём историческом развитии художественного образования и культуры России. Как отмечал доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой художественного образования и истории искусств ХГФ Курского государственного университета Н.К. Шабанов: «Становление подлинно реалистической школы рисунка проходило в условиях столкновения идеалистических и материалистических взглядов на задачи и сущность школы и искусства, на

отжившие и новые формы обучения, на догматические и прогрессивные тенденции в педагогических методах обучения» [1]. Таким образом, в нашей стране произошло взаимопроникновение различных школ. А именно сочетание итальянского, голландского, французского, английского, немецкого художественного образования. Именно эта благотворная почва подарила таких замечательных педагогов как А.П. Сапожников, П.П. Чистяков, А. Ашбе, Д.Н. Кардовский, В.А. Фаворский, Н.Э. Радлов и многих других, внёсших огромный вклад не только в развитие художественного образования, но и повлиявших на культуру всей России. Именно они оказали большое влияние на творчество таких выдающихся художников как И.Е. Репин, В.И. Суриков, В. А. Серов, Б.М. Кустодиев, М. А. Врубель, И. И. Левитан, В.М. Васнецов, И. И. Шишкин, И.Н. Крамской и т.д. Академический рисунок включает в себя все закономерности, выразительные средства реалистического изображения. Поэтапное, системное осваивание его в процессе обучения приводит к полному пониманию художественного образа. Это в свою очередь оказывает влияние не только на формирование художественных умений доведённых до создания собственного стиля, манеры будущего художника, но и на развитие, обогащение культуры в целом. Художественный образ содержит

в себе все компоненты, необходимые, как и в процессе обучения, так и в дальнейшем творческом пути. Он включает в себя: материалы и технологию, технический приём, закономерности изображения, психологические аспекты создания и восприятия произведения, интеллектуальный опыт зрителя и художника [2]. Такой параметр закономерностей изображения как тон, является одним из главных в рисунке академической системы образования, а также относится к категориям художественного образа. Он сопоставим с колоритом в живописи. Их объединяет единая функция - гармонизация контрастирующих средств. Наличие тонального рисунка говорит о цельности не только графической работы, но и о целостности восприятия рисующего, имеет ли он понятие о гармонии. Тон является хорошим тестом для определения уровня художественных умений у студентов не только художественно-графического факультета, но и учащихся специализации архитектуры. Ведь он включает в себя такие параметры как светотеневая моделировка, воздушная перспектива, удалённость предметов от источника освещения, окрашенность предметов, светлота и насыщенность, характер освещения (дневное, утреннее, вечернее, ночное, естественный, искусственный источники освещения), форма, включающая в себя контурно-схематический, геометриально-математический, конструктивно-пространственный и пластический способы изображения, фактура бумаги, технический приём (характер штриха). А это всё в совокупности является мощным фундаментом для формирования художественных умений, развития творческого потенциала и доведённого до профессионализма. История искусств показывает, что многие великие мастера не только в области изобразительного искусства, но и непосредственно архитектуры прошли через школу академического рисунка, прежде чем приобрести профессиональные умения, найти собственную манеру и внести свой вклад для всего человечества, для своих потомков. Чем больше рисует будущий архитектор, тем больше он творчески формируется, развивает художественные умения. Рисунок - эта дисциплина, которая вырабатывает у учащихся умение видеть и чувствовать натуру, развивает мышление, память, воображение, скрупулезность, терпение, усидчивость. Он закаляет характер, волю, открывает новые возможности для восприятия мира. Одним словом эта дисциплина развивает художественные умения, которые оказывают непосредственное влияние на формирование профессионализма.

Бесспорно, главенствующую роль в преподавании рисунка педагоги делают акцент на

восприятии формы изображаемого предмета или объекта. А конструктивное построение является одной из главных составляющих в методике преподавания такой специфической специальности как архитектура. Ведь именно специалисты данной области решают сложную проблему - связь художественного решения с техническим оснащением, взаимосвязь науки и искусства. Поэтому методика преподавания в техническом обучении акцентируется на развитии конструктивно - логического мышления. Доказательством служат слова Ю.В. Чернышева: «Мыслительные способности человека определяются многими показателями, один из которых является конструктивно-пространственное мышление» [3]. Но в данном случае не стоит умалять и параметры тона. Очень часто увлекаясь только конструктивным построением, студенты - архитекторы игнорируют другие очень важные моменты при изображении натуры. К ним относятся: полный набор светотеневой моделировки, светлота и насыщенность, передача материальности предметов, воздушная перспектива, удалённость предмета или объекта от источника освещения, характер освещения и др. Такие результаты приводят к очень грубым нарушениям, например, отсутствие разницы между планами, нет определённого направления освещения, неполный набор светотени и т.д. (рис. 1).

Упуская их, студенты не будут чувствовать взаимосвязь между предметом, объектом со средой в рисунке, что существенно понизит художественный уровень, и в результате приведёт к существенным ошибкам в профессиональной деятельности. Отсутствие у будущих архитекторов понимания взаимоотношения предмета и среды на плоскости листа ведёт зачастую к непониманию гармоничных сочетаний проектируемых объектов, отсутствие комфорта. Бесспорно, такой результат приведёт к отсутствию художественного образа в проектах, к негативному воздействию на психофизическое состояние человека, и жизнедеятельности социума в целом. А ведь новая двухуровневая система образования ставит, прежде всего, формирование профессиональных умений, основанных на творческом начале. Поэтому нужна комплексная система в обучении будущих архитекторов. Доказательством служат слова Ю.В. Чернышева: «В решении одной из важнейших и наиболее сложных проблем подготовки будущих специалистов - развитие конструктивно-пространственного мышления и творческого воображения, что в свою очередь является базой для комплексного обучения в процессе графической и проектной подготовки» [4]. Поэтому к обучению студентов в направлении архитектуры надо подойти по-

этапно систематично от простых упражнений к более сложным. Именно такой подход в рисунке осуществляет академическая школа рисования, основанная на реалистическом изображении.

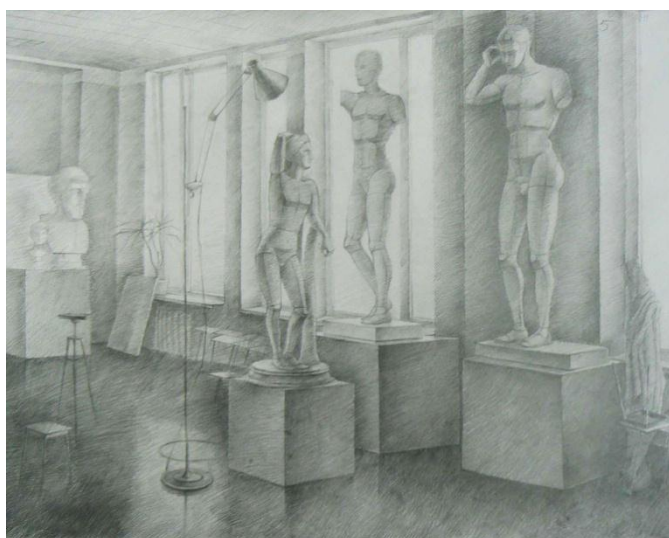
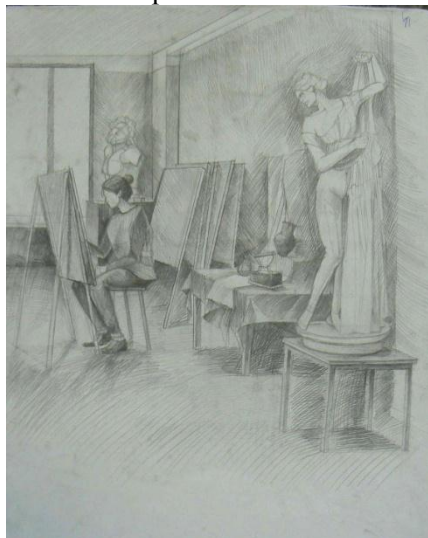


Рис. 1. Ошибки в работах студентов направления архитектуры

Выводы. Традиции реалистической школы рисунка вырабатывают у учащихся чёткое представление о средствах художественной выразительности, законов изображения. Из вышесказанного следует, что академическая система рисования включает в себя понятие формы, тона, технического приёма как единого целого. Учитывая особенности структуры этой многовековой системы рисования, студент развивает художественные умения, креативное мышление. Более того, успешное освоение закономерностей графического изображения побуждает будущего архитектора к созиданию. Это позволяет более осознанно подходить к осознанию и созданию единого стилевого направления, к передаче определённого, конкретного образа. Поэтому роль академического рисунка очень значима как в профессиональной и творческой жизни будущих специалистов, так и в развитии художественного образования и обогащении культуры России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шабанов Н.К. Экскурс в область истории подготовки учителей изобразительного искусства в России/Н.К. Шабанов// Художественная педагогика XXI века. Курск, 2010 С. 3-18.

Ведь от уровня подготовки будущих специалистов в данной области в дальнейшем зависит и качество жизнедеятельности человека [5].

2. Стариченко Н.Л. Принцип многообразия в детских рисунках – основа художественного развития личности // Искусство в условиях модернизации школьного образования и воспитания. Сборник научных статей. – М.: Институт художественного образования РАО, 2003. С. 165 – 169.

3. Чернышев Ю.В. К проблеме развития конструктивно-пространственного мышления инженеров-архитекторов в процессе обучения архитектурному рисунку // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 183–186.

4. Чернышев Ю.В. Исторический аспект развития архитектурного рисунка как дисциплины художественного цикла в архитектурном образовании // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №2. С. 190–193.

5. Гузаиров В.Ш., Зайцев С.А. Повышение качества образования как социальная проблема // Тенденции развития общества: единство самоорганизации и управления: сборник материалов международной научно-практической конференции (приуроченной к 80-ию со дня рождения Г.А. Котельникова, - Белгород, 2011 – С.133 – 135.

Киреев М.Н., канд. пед. наук, доц.,
Киреева Н.В., канд. пед. наук, доц. проф.,
Бараниченко Н.В., зав. каф.

Белгородский государственный институт искусств и культуры

ФОРМИРОВАНИЕ КРЕАТИВНЫХ КАЧЕСТВ СПЕЦИАЛИСТА КАК СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМОГО ФЕНОМЕНА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИЧНОСТИ

kireymn@mail.ru

В статье рассматривается многообразие подходов к трактовке понятия «креативность» и динамика их модификации и эволюционного преобразования в ходе исторического развития общества; креативность представлена в тесной взаимосвязи с понятием «творчество». Авторы раскрывают специфические особенности процесса формирования креативной личности специалиста социокультурной сферы, которая характеризуется своеобразием и целостной совокупностью личностных особенностей, таких как: творческий потенциал, творческая активность, творческая направленность, творческая индивидуальность, инициативность.

Ключевые слова: креативность, социальная активность, творчество, инновации, педагогические условия, воспитательное пространство.

Актуальность формирования креативных качеств личности средствами социально-культурных технологий заключается, прежде всего, в том, что в основе креативности лежит принцип жизненной обусловленности, которая выражается в потребности общества в творческих, нестандартно мыслящих личностях, с ярко выраженной индивидуальностью и эмоциональной гибкостью, развитой мотивированностью и потребностью в преобразовании действительности, способностью не только генерировать идею, но и превращать ее в продукт своей деятельности.

Креативные навыки специалиста социокультурной деятельности имеют в структуре его личности особое значение, расширяют его профессиональные возможности в работе с различными слоями населения.

Ряд исследователей пришли к выводу, что люди, будучи потенциально творческими, подавляют свои действия, потому что они противоречат принятым или традиционным представлениям. Ликвидация факторов, препятствующих креативности, и поощрение творческих начинаний может превратить в креативную личность практически каждого, для чего необходима целесообразная система воздействия на личность и грамотное использование технологий социально-культурной деятельности.

Креативность - это, с одной стороны, творческие способности, которые могут проявляться в мышлении, чувствах, общении и характеризовать как личность в целом, так и продукт деятельности этой личности; с другой - это процесс преодоления косности в мышлении, чувствах, общении. Креативные качества личности присущи каждому человеку но, как правило, теряются большинством под воздействием среды, в

случае отсутствия целенаправленного воздействия, способствующего их развитию.

В условиях информационного общества синтез творчества и креативности стал не только возможен, но и неизбежен, так как актуальным и необходимым становится развитие в человеке особого рода способностей порождать необычные идеи, отклоняться в мышлении от традиционных схем, быстро разрешать проблемные ситуации.

В педагогической, психологической и социологической теории креативность рассматривается с различных точек зрения: как особый вид способностей, проявляемых в успешности творческой деятельности [1, с. 101]; как сотворение, создание [3, с. 251]; как творческие возможности (способности) человека, которые могут проявляться в мышлении и деятельности; как процесс дивергентного мышления [5]; как один из показателей развития творчества и др.

В Большой энциклопедии Кирилла и Мефодия «творчество» определяется как деятельность, порождающая нечто качественно новое и отличающаяся неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью Творчество специфично для человека, так как всегда предполагает творца - субъекта творческой деятельности» [4, с.754].

Понятие «творчество» не просто характеризует более многочисленный массив людей, занятых профессиональным творческим трудом, но и служит своего рода пропуском в современную культуру. Специфика творчества и творческой деятельности как особого вида человеческой деятельности такова, что далеко не все и даже не основная часть населения сможет быть приобщена к той новой культуре» [7, с.20].

Формирование культуры, основанной на творчестве, означает, что в обновляющемся обществе свободная самореализация ее членов становится важнейшим ресурсом производства и залогом прогресса, необходимым условием которых является информация и знания. Такая постановка вопроса приводит к выводу, что творчество на любом этапе развития общества представляет собой глобальный вызов существующему на тот момент социально-экономическому и культурологическому устройству.

Таким образом, именно творчество может рассматриваться как системообразующий элемент общей культуры. Оно как бы намечает основные направления развития будущей цивилизации и указывает на необходимость развития креативных качеств личности уже сейчас.

Существует два подхода к определению понятия «креативность». Представители первого подхода ставят его в один ряд с понятием «творчество», другие – полностью отрицают это утверждение. Их отрицание строится на том, что творческий процесс основывается на вдохновении автора, его способностях, традициях, которым он следует. Главной же составляющей креативного процесса является прагматический элемент, то есть изначальное понимание сути и предназначения креативного продукта.

Креативность вне творчества просто невозможна, так как она является технологией организации творческого процесса, которая бесплодна сама по себе, какие бы задачи перед ней не ставились. Она рассматривается как личностная характеристика, в нашем случае, специалиста творческой профессии.

Поэтому ряд исследователей, как отечественных, так и зарубежных, определяют креативность, как способность или свойство личности. Так, Л.С. Выготский считает, что творческий акт делится на восприятие проблемы, поиск решения, возникновение и формулировку гипотез, проверку гипотез, их модификацию и нахождение результата.

Существует как минимум три основных подхода к отношению интеллекта и креативности. Представители первого подхода утверждают, что как таковой креативности нет, а есть интеллектуальная одаренность, которая выступает в качестве необходимого, но недостаточного условия творческой активности личности. Главную роль в детерминации творческого поведения играют мотивация ценности, личностные черты (О.Б. Богоявленская, А. Дж. Танненбаум, А. Маслоу и др.). Другой подход предполагает характеристику креативности, как творческой способности, которая является самостоятельным

фактором, независимым от интеллекта (Дж. Гилфорд, Я.А. Пономарев, К. Тейлор). В более «мягком» варианте эта теория гласит, что между уровнем интеллекта и уровнем креативности есть незначительная корреляция, т. е. связь [5, с. 57]. Третий подход строится на связи уровня развития интеллекта и уровня творческих способностей, где, интеллект и креативность образуют единый фактор, поэтому, «чем выше коэффициент интеллекта, тем выше творческая способность» [2, с. 47].

Многие отечественные исследователи обращались к определению критериев креативности в связи с изучением творческих проявлений человека в различных видах деятельности. Для большинства авторов характерно выделение среди критериев оригинальности, вариативности, гибкости и многих других, что объединяет исследователей (Н.А. Витлугина, Р.Г. Казакова и др.).

Зарубежные исследователи также пытались охарактеризовать критерии креативности. Так, Дж. Гилфорд выделил четыре основных параметра креативности, таких как: оригинальность – способность продуцировать отдаленные ассоциации, необычные ответы; семантическая гибкость – способность выделять функцию объекта и предложить его новое использование; образная адаптивная гибкость – способность изменить форму стимула таким образом, чтобы увидеть в нем новые признаки и возможности для использования; семантическая спонтанная гибкость – способность продуцировать разнообразные идеи в нерегламентированной ситуации. Общий интеллект не включается в структуру креативности [5, с. 58].

Позже им же выделяются шесть параметров креативности: способность к обнаружению и постановке проблем; способность к генерированию большого числа идей; гибкость – способность к продуцированию различных идей; оригинальность – способность отвечать на раздражители нестандартно; способность усовершенствовать объект, добавляя детали; способность решать проблемы, т. е. способность к анализу и синтезу [5, с. 62]. Автор делает акцент на связи креативности как с интеллектом, так и личностью.

Мы придерживаемся мнения И.А. Малахова о том, что креативность есть совокупность мыслительных и личностных качеств, способствующих проявлению и становлению творчества как субъективного, индивидуально окрашенного стиля деятельности личности [6, с.79]. По его мнению, креативность включает способность порождать необычные идеи, отклоняться от традиционных схем, нестандартно разрешать

проблемные ситуации находить оригинальные решения возникающих проблем. Креативность является уникальным качеством личности, которое проявляется и реализуется в творческой деятельности человек, охватывая при этом некую совокупность мыслительных и личностных качеств, определяющих способность к творчеству.

К.Г. Юнг связывает креативность с пониманием коллективного бессознательного и теми архетипами, которые, по его мнению, заложены в каждом из нас, определяют наши способности и поведение. По утверждению автора, доступ к этому неисчерпаемому фонду есть у всех людей, но активируется в жизни каждого весьма ограниченный набор архетипов. Креативность как раз и является творческим потенциалом человека, способностью обнаружить в себе «пусковые механизмы» все новых «программ», позволяющих нестандартно и эффективно решать личностные и профессиональные задачи [8, с.163].

Немного иную трактовку креативности дает А. Маслоу, который называет креативных людей самоактуализированными, а креативность рассматривает как фундаментальнейшую характеристику человеческой природы, потенциал, данный каждому человеку от рождения. По мере социализации большинство из нас утрачивает способность к невинному и наивному восприятию жизни, очень немногие люди выносят ее из детства или, уже повзрослев, вновь обретают ее [70, с. 75].

Таким образом, креативность - творческие способности, которые могут проявляться в мышлении, чувствах, общении и характеризовать как личность в целом, так и продукт деятельности этой личности.

Так, М. Чикжентмихалий выделил ряд особенностей креативной личности, которые при первом прочтении как бы исключают друг друга, тем не менее, такое понимание имеет право быть. По утверждению автора, креативные люди (творческие) обладают большой физической энергией, но одновременно находятся часто в состоянии покоя и отдыха. Они суровы и наивны, скромны и горды одновременно. В них чудесным образом сочетаются игривость и дисциплина, ответственность и безответственность; перемежаются представления, фантазии и чувство реальности. Креативные люди проявляют особенности, как экстравертов, так и интровертов, избегают стереотипов в области половых ролей. В них сочетается бунтарский дух и консерватизм. Многие из креативных людей демонстрируют страсть к своей работе, могут объективно оценивать свой труд. Открытость и чувственность креативных людей часто приводят к

переживанию ими страдания и боли. Но также они очень любят удовольствия.

Однако, существуют совершенно иные подходы к определению портрета креативной личности. Так, Т. Амабайл и М. Коллинз к основным характеристикам креативности личности относят самодисциплину, независимость суждений, терпимость к неопределенности, высокую степень автономности, отсутствие половых стереотипов, склонность к риску, высокий уровень самоинициации и стремление выполнять задания наилучшим образом.

Джон Гауэн рассматривает творческое развитие личности в связи с проблемой одаренности личности, исходя из того, что одной из сфер одаренности является креативность.

Показателем креативности личности является сплав компонентов творческого потенциала человека. Многие психологи связывают способности к творческой деятельности, прежде всего с особенностями мышления. Так Гилфорд, занимавшийся проблемами человеческого интеллекта установил, что творческим личностям, свойственно так называемое дивергентное мышление [5, с. 55].

Исходя из идентичности понятий «креативность» и «творчество», под творческим развитием личности понимается способность, отражающая глубинное свойство индивидов создавать оригинальные ценности, принимать нестандартные решения. К данному понятию автор обращается в связи с характеристикой современных подходов к образованию, поскольку основным требованием сегодня является развитие творческой личности, способной выходить за пределы известного, принимать нестандартные решения, создавать продукты, характеризующиеся новизной [94, с. 227].

Многие исследователи придерживаются мнения, что перечисленные выше и другие личностные качества креативного человека могут быть как наследственно обусловленными, так и пожизненно формируемыми. Большинство из них твердо уверены, что креативность поддается развитию. Последнее утверждение раскрывает потенциальную возможность развития креативных способностей в определенной среде. Такая позиция, безусловно, лежит в основе исследования влияния социальной среды на формирование креативности, роли обучения в этом процессе, роли социально-культурной деятельности и других факторов.

Мы придерживаемся мнения, что креативность является универсальным качеством личности, которое проявляется и реализуется в творческой деятельности человека. Поэтому приобщение к творческой деятельности есть

важнейшее условие креативной реализации личности.

Таким образом, анализ взглядов различных исследователей на проблему формирования креативности личности позволил нам выяснить, что креативность - это способность к творчеству, так необходимая специалисту творческой профессии, к которым относятся выпускники вузов искусств и культуры. Креативная личность такого специалиста характеризуется своеобразием и целостной совокупностью следующих личностных особенностей: творческим потенциалом, творческой активностью, творческой направленностью, творческой индивидуальностью, инициативностью, способствующих в процессе самоактуализации формированию творческой зрелости различных слоев населения в процессе своей профессиональной деятельности.

В ходе исследований творческого мышления были выявлены условия, которые способствуют быстрому нахождению решения творческой задачи студентами вуза.

1. Бесспорно, необходимо осознание педагогическим коллективом необходимости и целесообразности развития креативных качеств личности будущего специалиста сферы культуры и искусств, исходя из того, что креативность является ярким показателем социализации личности.

2. Не менее важным является создание креативного воспитательно-образовательного пространства вуза, а также подготовка работников образовательного учреждения для реализации индивидуального подхода в процессе формирования и развития креативных качеств студента.

3. Научить студентов распознавать собственные эмоции, владеть ими, понимать эмо-

ции других людей, выражать свои эмоции в общении с людьми, мотивировать себя, проявлять успешность приспособления к среде и возможность творческого ее изменения - все это заложено в потенциале социально-культурной деятельности, реализация которого есть святая обязанность специалиста социально-культурной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Акимова, М.К. Психологическая диагностика (основные понятия); как уровень творческой одаренности, способности к творчеству (Энциклопедический словарь в шести томах / ред.-сост. Л.А. Карпенко, под общ. ред. А.В. Петровского. М.: ПЕР СЭ, 2006. 176 с.
2. Ананьев Б.Г. Человек как предмет познания - СПб.: Питер, 2001. 288 с.
3. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 1034 с.
4. Богоявленская, Д.Б. Вчера и сегодня психологии творчества // Творчество в искусстве искусство творчества. - М.: Наука; Смысл, 2000. С. 186 - 197.
5. Дружинин В.Н. Психодиагностика общих способностей. М.: Новая школа, 1996. 40 с.
6. Малахов И.А. Развитие личности: способность к творчеству, одаренность, талант. Мн. 2002. 157 с.
7. Сухарев, В.А. Глобализация и культурная трансформация в современном мире: автореф. дис... д-ра филос. наук. М., 2001. 27 с.
8. Юнг, К.Г. Очерки по психологии бессознательного. М.: Когито-Центр, 2010. 352 с.

*Шавырина И.В., канд. соц. наук, доц.,
Шукчус Л.В., канд. психол. наук, доц.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ГЕНДЕРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК СТРАТАГЕМА ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

shavyrina_77@mail.ru

В статье раскрывается сущность концепции гендерной интеграции в разрезе институциональных изменений в высшей школе. Обосновываются наиболее важные характеристики, чувствительные к гендерным преобразованиям в вузе: общественная среда, стратегия развития вуза, вузовская (организационная) структура, вузовские (организационные) процессы, вузовская (организационная) культура, вузовская (организационная) коммуникация, а также раскрывается роль каждой из выделенных характеристик в успешности гендерных преобразований в рамках высшей школы.

Ключевые слова: *гендерный подход, гендерные преобразования, гендерная интеграция, человеческий капитал, стратегия вуза.*

Общественный прогресс и усиление социально-экономического и гражданского развития страны зависит от того, насколько граждане включены в процесс развития. Уровень гражданской активности и степень поддержки этой активности органами власти – важнейший показатель развития государства. Очевидно, что российскому гражданскому обществу сегодня нужны новые источники и мотивы активности. Таким новым источником и мотивом может являться политика гендерных преобразований в обществе. Показательно, что гендерная составляющая стала неотъемлемой частью международных исследований гражданского общества. Гендерный компонент может и должен быть включен в российский индекс и применяться для оценки гендерных отношений в государстве и обществе [1]. Если речь идет о строительстве демократического общества и цивилизованного государства, то принцип гендерного подхода является объективным признаком политической культуры. Учет интересов обеих социально-половых групп общества – суть гендерного подхода – обеспечит использование человеческого ресурса как основного капитала будущих инноваций в обществе [2]. Человеческий капитал сегодня является важнейшим материалом для инновационного развития общества. Развитие человека – это основная задача развития государства в соответствии с Конституцией РФ. Главный смысл развития человека – это расширение возможностей каждого реализовать потенции и устремления, вести полноценную и здоровую творческую жизнь. Эта задача может быть выполнена с учетом различных условий, среди которых приоритетным, на наш взгляд, является раскрытие творческого потенциала личности женщины и мужчины. Для этого необходимы инвестиции в функционирование структур на всех уровнях, деятельность которых направлена на изменение современной политической ситуа-

ции в обществе с точки зрения гендерного подхода [3].

Необходимо подчеркнуть, что именно сфера образования, в частности вузовское образование, является мощным источником формирования ценностных ориентаций личности, способно создать одну из важнейших предпосылок для совершенствования гражданской активности. Современный вуз не может существовать изолированно, он включен в глобальные процессы, происходящие в мире. В настоящее время в России происходит интеграция отечественной высшей школы в мировую вузовскую систему и академическое сообщество, развертывание эффективных интеллектуальных коммуникаций; реализуется компетентностный подход [4]. Вуз, как один из институтов социализации личности, формирует гендерные общественные установки, определяет гендерные идентичности, а в связи с этим – имеющиеся у людей возможности личностного, гражданского и профессионального выбора [5]. Этот процесс обычно проходит стихийно и не является явной и намеренной целью вуза, однако именно вуз благодаря своему особому общественному статусу как организации преподносит важные уроки гендерных отношений всему обществу.

Сегодня чтобы добиться нового качества образования как основы развития гражданского общества в соответствии с реальными запросами сегодняшнего дня необходимо ввести гендерную составляющую в преобразовательную политику вуза.

Гендерные преобразования направлены на включение принципов гендерного равенства полов во все социальные программы, структуры и организации общественного устройства.

Механизм включения гендерных преобразований основан на концепции институционального подхода в социально-психологической, социологической и экономической теориях. Дан-

ный подход начал развиваться с начала 70-х годов XX века. Центральным понятием данного подхода является социологическое понятие «институты», обозначающее «устойчивый комплекс формальных и неформальных правил, принципов, норм, установок, регулирующих различные сферы человеческой деятельности и организующих их в систему ролей и статусов, образующих социальную систему» [2]. Данный термин до сих пор используется в социально-психологической, социологической и экономической теориях для развития идеи о том, что поведение личности обусловлено не только логикой и рациональным мышлением, но и социальными институтами, которые предопределяют привычки людей, условности в отношениях, традиции поступков, т.е. особые правила игры в жизненных ситуациях.

По мнению зарубежных исследователей, институты «структурируют повторяющееся взаимодействие между людьми, ...ограничивают и определяют спектр альтернатив» [2]. Институты делают поведение людей предсказуемым, адекватным и естественным. Прогнозируемость в поведении людей упрощает их взаимодействие друг с другом. П. Монсон вводит понятие «социальных» или «транзактных» издержек [2]. Смысл его в том, что нормы, ценности, установки и порядок, закрепленные в обществе с помощью социальных институтов, должны всегда учитываться при оценке эффективности какой-либо социальной или экономической деятельности, так как они оказывают влияние на результат. Таким образом, с одной стороны, признание всем обществом правил и морали снижают трудовые издержки при осуществлении определенной деятельности, а, с другой стороны, устаревшие правила тормозят развитие сообщества и для эффективной деятельности необходимо изменение институтов. Т.е. уровень транзактных издержек может показать, насколько эффективно работает система институтов в обществе. Отсталость и неэффективность социальных институтов в развитом обществе и экономике так или иначе вынуждает общество или отдельные его группы к изменениям или модернизации институтов.

Исследователи отмечают, что динамика институтов становится все более управляемой [6]. Это отражается не только в самой деятельности людей, но и в осмыслении людьми характера своей общественной жизнедеятельности. В последнее время социальные исследования направлены как на формальные, так и на неформальные сферы жизнедеятельности. Институты предопределяют, влияют на поведение людей в любой момент их деятельности.

В последнее десятилетие поменялось представление о субъектах институциональной деятельности. Они становятся более квалифицированными, т.е. обладающими специальными умениями по преобразованию институциональной среды. Таких квалифицированных специалистов стали называть «институциональными предпринимателями» [6]. В данном контексте используется термин «инновационная деятельность», чтобы подчеркнуть роль знаний, необходимых для институционального преобразования. Инновационная деятельность предполагает институциональное проектирование, а также контроль за реализацией проектов. Инновационная деятельность может охватить все сферы жизнедеятельности: экономическую, политическую, сферу общественных отношений, сферу межличностных отношений.

Социальный институт, на котором мы хотели бы остановиться более подробно, это институт социально-психологических и культурных отношений между полами. Этот институт, как и другие, должен подвергаться и подвергается инновационным преобразованиям. Успешность их зависит от концептуальной проработки таких преобразований, от тактического планирования и прогнозирования.

Одной из концепций гендерных преобразований является гендерная интеграция [3]. Идея гендерной интеграции направлена на то, чтобы инновационные практики преобразования гендерных отношений в обществе могли принести реальную выгоду обществу как в экономической, так и в социально-психологической, социологической и культурной сферах. Этот процесс связан с вытеснением устоявшихся стереотипов, привычек и обычаев традиционного общества [7]. Такой процесс может быть болезненным и ранимым. И тогда, с одной стороны, возможно сопротивление тех социальных групп, которые получают выгоду от принятых и устоявшихся на сегодняшний день гендерных отношений в обществе, с другой стороны – возможна пассивность тех социальных групп, которые не могут решиться на кардинальные преобразования, осознанно признавая или неосознанно ощущая слабость своих позиций. Однако несостоятельность существующей традиционной идеологии системы гендерных представлений и отношений уже налицо [8]. Такое положение привело к возникновению ряда проблем саморазвития и развития личности в нашем обществе, актуальных на сегодняшний день: 1) искажение гендерного образа-эталона, что приводит к ослаблению поляризации мужских и женских гендерных ролей и очевидной и все более усиливающейся маскулинизации женщин и феминизации мужчин.

низации мужчин; 2) значительно нивелируются традиционные различия в нормах женских и мужских форм поведения, что приводит к значительному повышению крайних, неадекватных форм поведения; 3) расширение диапазона гендерных контактов, при этом доля романтических отношений падает, однако растет доля отчужденных; 4) усиливается демократизация и упрощение гендерных отношений, что приводит к неустойчивости супружеских отношений и значительному обострению проблем одиночества [9].

Многочисленные стереотипы, обуславливающие мужское и женское в обществе, остаются консервативными, существенно ограничивая деятельность как мужчин, так и женщин, подавляя их потенциальные возможности [10].

Признавая институциональную неэффективность традиционных патриархальных отношений между полами, сторонники гендерной интеграции конструируют систему новых ценностей и взглядов, главным ядром которой является идея гендерного равенства. Основные положения данной идеи следующие:

1. Гендерная интеграция усиливает принципы справедливости и равенства в обществе.
2. Гендерная интеграция повышает доверие к политическим программам со стороны населения и устанавливает ответственность инициаторов программ.
3. Гендерная интеграция приводит к эффективному и устойчивому развитию общества.
4. Результатом гендерной интеграции становится улучшение качества жизни населения.
5. Гендерная интеграция – важный механизм межэтнических отношений.
6. Гендерная интеграция – комплексный, многомерный процесс, это означает, что работа в одном направлении оказывает влияние на изменения в других направлениях (эффект «цепной реакции») [11].

Под представленные идеи подведена довольно серьезная научно-исследовательская база, включающая следующие направления исследований: гендерные представления (возрастной, профессиональный аспекты); гендерный аспект взаимосвязи биологических и психологических характеристик личности; гендерные различия в характеристиках социального интеллекта; дифференциальная психофизиология мужчин и женщин; гендерная социализация (механизмы, факторы); роль средств массовой информации в формировании и поддержании традиционных ролей мужчин и женщин; достоинства и недостатки раздельного по полу обучения; гендерные стереотипы (возрастной аспект, методы изучения, их влияние на поведение человека и

на качество межличностных отношений); гендерная идентичность (структура, динамика развития, методы изучения); пол и различные виды деятельности, профессиональная карьера; гендерные различия в изучении имиджа руководителя; гендерная психология лидерства; пол и общественная деятельность; гендерный аспект психологии малых и больших групп; гендерный аспект восприятия насилия; дискриминация и сексизм, гомосексуализм [5].

Институциональные изменения по типу гендерной интеграции в обществе приведут к изменениям понимания и поведения групп людей. Эти изменения могут быть представлены в двух направлениях: 1) в обществе в целом, 2) внутри отдельной организации. Гендерная интеграция, направленная вовне, нацелена на изменение стереотипов в обществе, на критический пересмотр существующих норм и правил поведения мужчин и женщин в самых различных сферах общества и жизненных ситуаций, на создание новых практик взаимоотношений. Гендерная интеграция, как внутренние преобразования, предполагает включение принципов гендерного равенства во все сферы жизнедеятельности организации, скажем, в такой организации, как вуз: в кадровую политику вуза, формирование стратегии вуза, формальные и неформальные внутривузовские взаимоотношения и др.

Наиболее важными характеристиками, чувствительными к гендерным преобразованиям в вузе, являются: общественная среда, стратегия развития вуза, вузовская (организационная) структура, вузовские (организационные) процессы, вузовская (организационная) культура, вузовская (организационная) коммуникация. Рассмотрим подробнее роль каждой из выделенных характеристик в успешности гендерных преобразований.

1. Общественная среда. Любой вуз функционирует в тех условиях, которые складываются вокруг него. Эти условия определяются особенностями государственного, федерального и регионального устройства. Эти условия объясняют традиции, культурные нормы, обычаи общества; предопределяют, насколько эти условия будут распределены, и как к ним будет относиться население. Оценка и анализ общественных условий, складывающихся вокруг вуза, помогают вырабатывать стратегию действий, позволяющую вузу взаимодействовать с другими вузами и социальными структурами. Так, например, для успешной реализации гендерных преобразований в любой организации в России необходимо проанализировать ряд вопросов:

а) Готовность к изменениям. Какова готовность к гендерным изменениям в целом по России, в Белгородской области, в г.Белгороде? В чем это проявляется? Как отдельные группы людей проявляют свою готовность и желания изменить существующие гендерные традиции?

б) Прогнозирование изменений. Какие изменения могли бы выровнять положение мужчин и женщин в обществе, в отдельных сферах, в отдельных социальных группах (слоях, классах, сословиях, профессиональных сообществах)? Какой общественный и экономический эффект это может дать?

2. Стратегии вуза. Любой вуз отличается от другой социальной группы наличием цели и стратегией достижения этой цели. Стратегия вуза может быть выражена в формальных документах (Философия вуза, Миссия вуза, Устав, в положениях и программах) и в неформальных (публикации мнений в прессе и др.). И нетрудно предположить, что характеристики вуза как организации влияют на то, насколько легко могут быть осуществлены гендерные преобразования в конкретном вузе. Во-первых, влиять будет то, каким образом в формальных документах вуза и неформальных мнениях влиятельных ключевых фигур может быть представлена информация, обуславливающая гендерные преобразования, например: новое понимание роли мужчины и женщины.

3. Вузовская (организационная структура). Технология осуществления стратегических целей и технология гендерных преобразований зависит от того, каким образом взаимосвязаны элементы вуза как организации. В настоящее время в практике организаций появились новые типы структур: на смену линейной структуре пришли функциональная, дивизиональная, матричная (проектная), сетевая структура организации, которые определяют разные уровни централизации, стандартизации и формализации принятия решений и жесткости контроля их исполнения. Несмотря на новые подходы к структурированию организации, в реальных ситуациях до сих пор остается иерархия элементов организации. Следовательно, от того, насколько сильна (т.е. централизована, стандартизована и формализована) иерархия организации, зависит технология гендерной интеграции. Также важность приобретают позиции конкретных подразделений или отдельных специалистов, которые являются инициаторами проведения в жизнь идей гендерных преобразований.

4. Вузовские (организационные процессы). Структура и ее типы взаимосвязаны с процессами, поддерживающими ее жизнедеятельность. Природу организационных процессов характе-

ризуют: властность в отношениях деловых партнеров, формальное и неформальное лидерство, принятие решений, механизм контроля их осуществления, типы лидерства. Гендерный подход предполагает «размягчение» жестких отношений доминирования и подчинения, обращение к более гибким отношениям, предполагающим перераспределение власти. Инновационность гендерного подхода предполагает изменение стереотипов в представлениях идентичности лидера. Классические подходы к описанию лидерства чаще всего подчеркивают черты лидерства, присущие скорее мужчинам, чем женщинам. Гендерный подход предполагает изменение сложившихся нормативных представлений о лидерских качествах и более пристальное внимание к нетипичным репрезентациям лидерства, к которым можно отнести такие неожиданные с традиционной точки зрения качества, как заботливость, внимательность к сотрудникам, что присуще женщине-лидеру. Описанные аспекты вузовских (организационных) процессов влияют на механизмы принятия решений. Кроме прочего, гендерная интеграция легче осуществляется в вузах, где открытость подразделений поощряется и где есть опыт эффективного взаимодействия.

5. Культура вуза как организации. Гендерные преобразования меняют качество и характер вуза как организации, в связи с этим, необходимо рассмотреть вузовскую (организационную) культуру. Вузовская (организационная) культура включает в себя особые символы, нормы и ценности, поддерживаемые преподавателями, сотрудниками и студентами вуза. К символам можно отнести: размер и внешний вид здания, в котором находится вуз; мебель в кабинетах и аудиториях; одежда, которую носят преподавателями, сотрудники и студенты; машины, в которых они ездят и др.. Важное значение имеет, какие лидеры возводятся в культ, как они воспринимаются в вузовской среде? Не менее важно, обедают ли преподавателями, сотрудниками и студенты вместе или нет; как они поздравляют друг друга, как организуют встречи и вечеринки, как преподавателями, сотрудниками и студентами рассказывают друг другу о личной жизни? Чрезвычайно важно выделять базовые ценности, принципы и убеждения вуза; что ценится, а что обесценено; насколько глубоко принимаются те или иные ценности. Эти особые символы и ценности могут быть использованы для оценки гендерного измерения вузовской (организационной) культуры.

6. Вузовская (организационная) коммуникация. Под коммуникацией понимается все виды взаимодействий (отношения, взаимоотноше-

ния, формальные, неформальные, воздействие, влияние и др.), предпринимаемые людьми для реальной жизнедеятельности внутри организации. Сфера взаимодействий является центральной частью организационных преобразований. Коммуникация – это всегда парный процесс, действующими лицами которого являются инициатор и адресат. В гендерных преобразованиях инициатор должен (-должна) обладать целостной стратегией деятельности, которая была бы предельно ясна для других участников процесса. При этом стратегия гендерных преобразований должна соответствовать требованию наименьших организационных затрат по актуализации, переосмыслению и в конечном итоге принятию нового гендерного подхода. В отношении же участников гендерных преобразований нужно иметь в виду, что до начала гендерных преобразований у них могла быть устойчивая система уже сложившихся ценностей, подходов, принципов. И это может привести к появлению определенных трудностей при попытке их включения в преобразовательный процесс.

На тактическом уровне, гендерные преобразования (скажем, по программе гендерной интеграции) – это ряд коммуникативных действий между лицами организации. Приведем примерные виды коммуникации, которые могут быть включены в преобразовательный гендерный процесс в вузе:

1) информирование участников гендерных преобразований о существовании гендерного подхода;

2) распространение информации о гендерных исследованиях, теоретических подходах, результатах уже сделанных исследований как модельных примерах в разных сферах социальной деятельности;

3) соотнесение новых взглядов в рамках гендерных преобразований с уже существующим опытом, мировоззрением в вузе;

4) выделение и определение нескольких направлений и сфер решения гендерных проблем в вузе;

5) рефлексивная работа по осознанию необходимости включения гендерной повестки дня в реальную жизнедеятельность вуза;

6) визуализация и аналитическая работа с гендерными проблемами как сферой, требующей особой профессиональной подготовки. Необходимость обращения к специалистам для экспертной оценки;

7) мониторинг готовности к поддержанию инициатив инициатора гендерных преобразований в вузе;

8) неформальные беседы, поддерживающие интерес к гендерным программам;

9) предложение новых гендерных проектов. Обсуждение возможностей реализации, редакция проектов;

10) тренинг для преподавателей, сотрудников и студентов вуза по повышению гендерной когнитивности;

11) подбор специалистов для экспертной оценки предлагаемых проектов, реализация, оценка эффективности проекта.

В целом, отмечая важность и актуальность концепции гендерных преобразований в современном вузе, следует отметить, что гендерная и образовательная стратегии служат целям укрепления личности и ее творческого начала и возможностей, что, в свою очередь, обуславливает справедливость и подъем качества жизни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченко А.И., Тюрина И.О. Социология управления: фундаментальный курс: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. М.: Академический проект, 2013. 942 с.

2. Монсон П. Современная западная социология: теории, традиции перспективы. СПб.: Нотабене, 2002. 340с.

3. Гендерная интеграция: Возможности и пределы социальных инноваций/Ред.-сост. О.Б. Савинская, Е.В. Кочкина, Л.Н. Федорова. СПб.: Алетейя, 2014. 297с.

4. Гуськова Е.А., Шавырина И.В. Проблема профессионального самоопределения современной молодежи в условиях конкуренции вузов на рынке образовательных услуг // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С. 215-219.

5. Введение в гендерные исследования: Учеб. пособие для студентов вузов / Костикова И. В. и др.; Под общ. Ред. И.В. Костиковой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Аспект Пресс, 2009. 255с.

6. Здравомыслова Е.А., Темкина А.А. Социология гендерных отношений и гендерный подход в социологии // Социологические исследования. 2000. №1. С.17-25.

7. Митина О.В., Петренко В.Ф. Кросскультурное исследование стереотипов женского поведения // Вопросы психологии. 2000. № 1. С. 68-81.

8. Кон И.С. Введение в сексологию. М.: Медицина, 1989. 250 с.

9. Ильин Е.П. Дифференциальная психофизиология мужчины и женщины. СПб.: ПИТЕР, 2012. 305 с.

10. Кон И.С. Психология половых различий // Вопросы психологии. 1981. № 2. С. 47-57.

11. Бендас Т.В. Гендерная психология: Учебное пособие. СПб.: Питер, 2007. 431 с.

Ефремова Н.В., канд. пед. наук, проф.,
Гененко О.Н., канд. пед. наук, доц.,
Ефремова П.И., ст.пр.

Белгородский государственный институт искусств и культуры

ПРИНЦИПЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЫ

oks_genenko@mail.ru

Исследование посвящено совершенствованию процесса профессиональной подготовки в современных условиях специалиста социально-культурной сферы. Рассмотрены методологические основы принципов подготовки специалистов, которые могут стать основой образовательного процесса в вузе искусств и культуры. Сформированные нами принципы подготовки специалиста социокультурной сферы к профессиональной деятельности наиболее актуальны в условиях современной социально-экономической, политической и духовно-нравственной обстановки в России. Они не заменяют собой принципов классической педагогики, а обновляют, конкретизируют и корректируют их с учетом требований времени и специфики деятельности. Сочетание в профессиональном образовательном процессе традиционных и принципов, предлагаемых в данной статье, позволит выйти на новый уровень подготовки специалистов социокультурной сферы в аспекте их востребованности.

Ключевые слова: принципы, профессиональная подготовка, специалист социокультурной сферы, профессиональное образование в сфере культуры и искусств

Введение. В современных условиях является актуальным решение проблем профессиональной подготовки специалистов сферы искусств и культуры, которая сегодня ориентирована не только на обслуживание ведомственных интересов. Ее институциональная природа связана с деятельностью социальных институтов в широком смысле этого слова, создающих устойчивые формы совместной деятельности людей по использованию общественных ресурсов ради удовлетворения одной или нескольких социальных потребностей.

Концептуальные идеи, закономерности, взаимосвязи и взаимозависимости педагогических явлений и процессов в научных трудах ученых Игнатовой И.Б., В.И. Коваленко, В.В. Краевского, С.И. Курганского, И.Я. Лернера, П.Е. Решетникова, М.Н. Скотина, В.А. Сластенина, В.И. Солодухина стали основой в определении стратегии и целей обучения и формирования профессиональных компетенций специалистов сферы искусств и культуры, адекватных требованиям времени (5, с. 366). Их методологические основы определили логику выявления и обоснования нижеследующих принципов подготовки специалистов, которые могут стать основой образовательного процесса в вузе искусств и культуры.

Основная часть. 1. Принцип духовно-нравственной доминанты в образовательном процессе.

Современные условия жизнедеятельности, сопровождающиеся ростом негативных явлений, таких как бездуховность и безнравственность

вызывают необходимость духовно-нравственной ответственности специалистов сферы искусств и культуры - носителей культуры в массы. В этой связи принцип духовной доминанты в профессиональном образовательном процессе приобретает остро осознанную необходимость. Он подразумевает ориентирование содержания профессиональной подготовки специалиста на личностное развитие духовно-нравственных ценностей: ответственности, долга, справедливости, что обуславливает необходимость акцентировать внимания обучающихся на следующих положениях:

- направить учебную деятельность студентов на выработку общественно-полезного поведения;
- популяризировать духовно-нравственные ценности и этические рекомендации, реализовать на деле в процессе профессиональной подготовки духовно-нравственное просвещение;
- использовать духовно-нравственные критерии при оценке творческих работ.

В рамках профессиональной подготовки специалиста сферы искусств и культуры эффективно решается проблема духовно-нравственного развития, где наиболее продуктивным является интерактивный подход, когда происходит взаимодействие на субъектно-личностном уровне, рефлексирование «собственного» и осмысление опыта других. Исследователь Г.И. Бабушкин отмечает, что духовная доминанта в процессе подготовки специалиста возможна, если она будет реализована посред-

ством следующих методов: ситуации-упражнения, ситуации-иллюстрации, ситуации-идеализации, ситуации-проблемы, ситуации-самореализации (1, с. 192-194)

Для практического воплощения этих методов необходимо использовать профессиональный и жизненный опыт, самопрезентации (визитная карточка специалиста), практикумы, деловые игры, игровое проектирование, методы ситуационного анализа, проектирование творческой деятельности, применение ситуаций творческого поиска, проблемный анализ, аналогии, адаптации, прогнозирования.

2. Принцип субъектной ориентации содержания подготовки специалиста определяет целевые установки образовательного процесса и предполагает, прежде всего, изменение парадигмы педагогического мышления. Как известно, стратегию современного профессионально-педагогического образования составляют развитие и саморазвитие личности специалиста, способного свободно ориентироваться в сложных социокультурных обстоятельствах. Эта стратегия воплощается в направленности содержания и форм учебного процесса на становление духовно развитой культурной личности, обладающей целостным гуманистическим мировоззрением, активно реализующей свои творческие силы и способности в профессиональной социокультурной среде. Личностная направленность образовательного процесса предполагает процесс подготовки специалиста сферы искусств и культуры, его содержание, условия работы со студентами, средства, формирующие и направленные на развитие личности будущего специалиста, а не на достижение узкопрофильных умений и навыков.

Данный принцип предполагает создание в образовательном учреждении условий для освоения студентами субъектных функций, базовыми среди которых являются: организация своей жизнедеятельности, выработка определенной позиции по отношению к существующей социокультурной ситуации, рефлексия; смыслотворчество; ответственность; автономность. Реализация его нацелена на формирование у студентов установки на самостоятельное овладение профессией, психологической готовности к работе в сфере искусств и культуры с различными категориями населения и внутри творческого коллектива специалистов; формирование ценностного отношения к социокультурной профессии, профессиональным знаниям, многообразие форм социально-культурной деятельности; обеспечение тесной связи теоретического обучения с профессиональной практической деятельностью, задачами, решаемыми в ней; вари-

ативного подхода в преподавании дисциплин, направленных; проектирование социокультурных ситуаций; построение воспитательной работы со студентами по принципу студенческого самоуправления таким образом, чтобы внеаудиторная деятельность в максимальной мере способствовала формированию профессионально значимых компетенций.

3. Принцип взаимосвязи фундаментальных наук и практической деятельности в развитии субъектного опыта будущего специалиста.

Субъектные функции личности активизируются тогда, когда личность попадает в нетрадиционную социокультурную ситуацию (социально-исторические кризисы, государственное реформирование, совершенствование системы высшего профессионального образования) ведущую к изменениям сложившихся традиций под влиянием новых веяний, которые отличаются повышенным вниманием к актуальным проблемам инноватики в сфере искусств и культуры и напрямую зависят от роста этих инновационных процессов, протекающих в обществе. Реализация принципа взаимосвязи фундаментальных наук и практической деятельности в развитии субъектного опыта в процессе подготовки специалиста сферы искусств и культуры предполагает:

- во-первых, организацию образовательного процесса в инновационном режиме (режиме развития), что достаточно важно для специалиста сферы культуры, потому что функциональные задачи предполагают инновационный ракурс его профессиональной деятельности, а для этого необходимо, чтобы он сам развивался в инновационной среде;

- во-вторых, целевые установки всех участников образовательного процесса не на готовые решения, разработки, а на перспективу поиска собственных вариантов решения профессиональных проблем; такая деятельность побуждает интерес к науке, к творчеству;

- в-третьих, создание в самом образовательном учреждении научно-исследовательских лабораторий по проблемам социально-культурного развития;

- в-четвертых, усвоение студентами новых профессиональных функций, вызванных реформированием в стране всех сфер жизнедеятельности, включая сферу культуры;

- в-пятых, организацию обучения, ориентированного на перспективное развития студентов в ходе непрерывной практики во внешней социокультурной среде по принципу дуального обучения.

Настоящий принцип касается собственно нововведений на основе специфики социокуль-

турной среды, преобразования обучения в системный, целостный образовательный процесс профессиональной подготовки кадров сферы культуры. Эта специфика заключается в том, что преломляя различные направления общественного развития, необходимо готовить специалистов к деятельности с людьми с многообразными интересами, мотивами, потребностями, людьми, находящимися в различных социальных группах нашего общества. А также, учитывать уровень разработанности теоретико-методологических основ социально-культурной деятельности, так как сегодня сфера культуры не обладает достаточным уровнем разработанности; преодолевать разрыв в содержании и организации социально-культурной деятельности на эмпирическом уровне; развивать инновационную деятельность в коммерческой сфере, исходя из ее перспективности.

Социокультурная сфера представляет собой сложное интегративное образование, постоянно развивающееся и находящееся в прямой зависимости от других сфер жизнедеятельности общества. Настоящий принцип определяет мотивационную сущность учебно-образовательного процесса.

4. Принцип рефлексии профессионально-социального и индивидуально-личностного развития специалиста.

Подготовка специалиста сферы культуры к осуществлению профессиональной деятельности в современных условиях требует обновленного понимания профессионального статуса, адекватного изменениям не столько профессиональной деятельности, сколько трансформации современной культуры. Поэтому обучение профессии необходимо выстроить с учетом разграничения уровней познания и понимания в процессе освоения идеалов профессиональной деятельности. Осознание современной профессии в нашем понимании таково: специалист социально-культурной деятельности – это идеальный образ профессионального мышления и своеобразной профессиональной деятельности. Необходимо рассматривать профессию современного специалиста сферы культуры, проводя прямую аналогию с обоснованием «должного» на основе «сущего». Традиция критического мышления, идущая от Канта, показывает, что «должное» принципиально не выделяется из «сущего». А идеалы (как и ценности) не укоренены в практической деятельности, а имеют иную природу. В процессе обучения нужно сопоставлять культурологический и философский анализ, так как посредством этого уточняются личностные, общественные и профессиональные цели. Такой принцип в образовательной деятельности помо-

жет прийти к однозначному ответу: для чего собственно нужна его будущая профессиональная деятельность. Лишь в процессе обучения и активной самоуправленческой деятельности студент будущий профессионал – обретет смысл своей деятельности и придет к конечному ответу на вопрос: «Профессионал ли я?».

Формирование личности будущего специалиста в современных условиях предполагает развитие каждого студента по индивидуальной траектории, что возможно в большей степени на основе использования в образовательном процессе «гибких» технологий, которые являются одним из эффективных средств формирования способности личности адаптироваться в новых условиях жизнедеятельности. Так, например, использование самоуправленческих элементов в профессиональном образовательном процессе будет способствовать саморазвитию, самореализации, самоопределению и самоподготовке студентов к управлению процессами развития ближайшего окружения в конкретный период их обучения профессии и в будущей деятельности в сфере культуры. Мы считаем, что использование принципа самоуправления при организации содержания обучения будущих специалистов способствует более эффективной подготовке к профессиональной деятельности в современных условиях.

По мнению ученых, постижение личностного смысла профессиональных действий и теоретических идей на основе личностного смысла объектов окружающего мира способствует познанию их значения. В связи со сказанным, реализация данного принципа предполагает:

- построение процесса обучения студентов профессиональной социокультурной деятельности в соответствии с логикой формирования этих компонентов сознания;

- обеспечение осмысления студентами своих действий путем включения их в проектирование образовательной деятельности;

- использование знаний в личном опыте студента для построения ориентационной основы действий, оценки их целесообразности и оптимальности;

- создание условий для сопоставления смысла научных идей и профессиональных действий и их значений, отражаемых в опыте социокультурной деятельности.

По мнению П.Е. Решетникова, данные теоретические положения можно использовать в практической работе, разрешив следующие вопросы:

- какую роль выполняют эти компоненты в структуре сознания (в регуляции деятельности);

- как можно управлять процессом, опираясь на изученные закономерности и механизмы;
- какова область наиболее эффективного использования изученных теоретических положений? (7, с. 160, 166, 171)

5. Принцип мотивационно-смыслового и культурного самоопределения процесса подготовки специалиста.

Мотивационно-смысловое и культурное самоопределение будущих специалистов относится к разряду важных проблем профессионального образования. Значимость решения этой проблемы неопределима при определении готовности студентов к профессиональной деятельности, которая связана с анализом источников активности человека, побудительных сил его деятельности, поведения.

Настоящий принцип поможет решить вопрос, что побуждает человека к деятельности, каков его мотив, ради чего он ее осуществляет и является основой ее адекватной интерпретации. В самом общем плане мотив – это то, что определяет, стимулирует, побуждает человека к совершению какого-либо действия, включенного в определенную этим мотивом деятельность. Б.Г. Ананьев, М. Аргайл, В.Г. Асеев, Дж. Атkinson, Л.И. Божович, К. Левин, А.Н. Леонтьев, М.Ш. Магомед-Эминов, А. Маслоу, С.Л. Рубинштейн, З.Фрейд и др. рассматривали мотив достижения как позитивный фактор, в значительной степени определяющий эффективность деятельности человека и удовлетворенность трудом, способствующим успешному осуществлению профессиональной карьеры, достижению высокого социального статуса, побуждающий к реализации творческого потенциала, профессиональному самосовершенствованию и саморазвитию, формирующий жизненные цели. Можно выделить следующие источники мотивации:

- получение глубоких профессиональных знаний и освоение профессиональной деятельности, желание обрести выбранную специальность, которая будет востребована в условиях социально-экономической ситуации в стране;

- изменение бытия, которое студент ожидает после окончания вуза – необходимость получения профессии ради выхода на новый, самостоятельный уровень социального статуса, материальную самодостаточность.

Человек, выбирая профессию, проецирует свою мотивационную структуру на структуру факторов, связанных с профессиональной деятельностью, через которые возможно удовлетворение потребностей. Чем богаче потребности человека, тем более высокие требования он предъявляет к своей профессиональной деятель-

ности и получает большее удовлетворение от труда.

Данный принцип направлен на определение мотивационной структуры личности студента, способствует выявлению некоторых устойчивых тенденций (творческая и общая активность, стремление к культурному общению, развитие культурного уровня, обеспечение социального статуса и комфорта). Чтобы увидеть и осознать мотивы, влияющие на профессионализм специалиста, необходимо определить следующие: удовлетворенность профессией, динамика удовлетворенности от курса к курсу, факторы, влияющие на формирование удовлетворенности: социально-психологические, психолого-педагогические, дифференциально-психологические, половозрастные. Диагностика отношений к профессии представляет собой психологическую задачу, а формирование отношения к профессии является преимущественно педагогической проблемой.

6. Принцип взаимодействия субъектно-педагогического и социокультурного опыта.

Существует ситуация, когда в культурологических вузах имеется определенное несоответствие между тем, что преподается в вузе, и той средой, что существует за его стенами. Выпускник, прекрасно учившийся в вузе, часто не может найти себе достойного применения. Это еще одна проблема, которую необходимо решать, чтобы подготовить специалиста, способного ориентироваться, адаптироваться в сложившихся социально-экономических условиях. Принцип взаимодействия в учебно-образовательном процессе субъектно-педагогического и социокультурного опыта по подготовке современного специалиста к профессиональной деятельности в современных условиях даст возможность сориентировать выпускников не столько на том, чтобы распространять полученные знания, сколько на том, чтобы уметь их приспособить с учетом требований времени и запросов социальной среды. Взаимосвязь и взаимодействие субъектно-педагогического и социокультурного опыта выявляет не только все плюсы и минусы профессиональной готовности специалиста, но и качество всей структуры образовательного процесса. Это способствует получению информации, дающей педагогам вуза пищу для размышлений по поводу коррекции учебного плана, внесения изменений в содержание изучаемых курсов. Настоящий принцип предполагает преобразование учебно-образовательного процесса по подготовке современного специалиста сферы культуры к осуществлению профессиональной деятельности в современных условиях на основе

полученных теоретических знаний, умений и навыков и опыта практической деятельности функционирующих различных типов учреждений культуры в условиях постоянно меняющейся экономической и социокультурной ситуации.

Реализация этого принципа направлена на активизацию опыта студентов для решения профессиональных задач в ходе непрерывной производственной практики. Она предполагает:

- поэтапное изменение содержания и характера взаимодействия педагогов и студентов в процессе освоения последними опыта профессиональной деятельности в социокультурной среде;

- постепенное усложнение учебно-профессиональной деятельности студентов;

- деятельностный подход во взаимодействии педагогов и студентов, творческий диалог между мастером курса и обучающимися, взаимный обмен идеями, взаимообучение, сотрудничество и взаимопомощь;

- обеспечение информированности студентов о сути творческой и научно-исследовательской деятельности, об особенностях их индивидуального стиля профессиональной деятельности, педагогического и студенческого коллективов вуза по совершенствованию теоретического и практического мастерства.

7. Развитие опыта обучения профессиональной деятельности по кумулятивному принципу.

В исследованиях И.Я. Лернера, а затем П.Е. Решетникова было показано, что обучаемость различным (в нашем случае – социально-культурным) способам деятельности зависит от предшествующего овладения простыми операциями и действиями, причем опыт усваивается личностью поэтапно, поэтому сразу учить специалиста всему, как это делается в традиционной технологии обучения педагогической деятельности, нельзя.

С одной стороны, при решении учебно-профессиональных задач опыт студентов должен постепенно интегрироваться, причем степень интеграции возрастает по мере овладения им профессиональными знаниями, умениями, навыками, способностями, как в ходе аудиторных занятий, так и во время непрерывной производственной практики. Благодаря интеграции интеллектуальных, мотивационных, эмоциональных, волевых элементов структурируются целостные инновационные технологии, суть и формирование которых должны быть доведены до сознательного усвоения их студентами.

По мнению специалистов в области социально-культурной деятельности (А.А. Аронов, Н.К. Бакланова, Н.А. Виноградова, Г.Я. Ники-

тина, Н.Н. Ярошенко), во главу угла профессионального образования в сфере культуры необходимо поставить принцип целостного подхода в образовании. Мы согласны с мнением представителей классической педагогики о необходимости сочетания поэтапного и целостного подходов в обучении студентов профессиональной деятельности. Такой подход приведет к идее использования указанного кумулятивного принципа («кумулятивный» буквально означает «накопительный, нарастающий»). Его реализация предполагает создание в образовательном процессе комплекса условий для преобразования субъектного опыта студентов на основе решения ими учебно-профессиональных задач в прочные профессиональные знания, умения и навыки – компетенции. Таким образом, решение каждой новой задачи позволяет освоить новые знания, приемы и способы работы с различными категориями населения в социокультурной среде и при этом связать актуализацию знаний и умений, усвоенных при решении предыдущих задач.

Кумулятивный принцип обучения основывается на разработке такой системы взаимосвязанных учебно-профессиональных задач, которая позволит проводить усложнение их деятельности и интеграцию опыта, обеспечит усвоение профессиональных функций, ролей, позиций, овладение наиболее распространенными формами и методами работы специалиста социально-культурной деятельности в современных социально-экономических условиях.

Выводы. Мы разделяем мнение большинства ученых о том, что педагогические принципы являются отражением законов и тенденций, присущих образовательной деятельности на нормативном уровне, определяя их содержание (И.Ф. Исаев, В.В. Краевский, М.Н. Скаткин). А реализация разработанных нами принципов внесет дополнительный аспект в значение этих законов и тенденций и будет способствовать эффективному процессу подготовки к профессиональной деятельности современного, конкурентоспособного специалиста сферы культуры.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что сформированные нами принципы подготовки специалиста сферы культуры к профессиональной деятельности наиболее актуальны в условиях современной социально-экономической, политической и духовно-нравственной обстановки в России. Они не заменяют собой принципов классической педагогики, а обновляют, конкретизируют и корректируют их с учетом требований времени и специфики деятельности. Сочетание в профессиональном образовательном процессе традицион-

ных и принципов, предлагаемых в данной статье, позволит выйти на новый уровень подготовки специалистов сферы культуры в аспекте их востребованности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабушкин, Г. И. Методы воспитания нравственной ответственности специалистов клубных учреждений // Вопросы гуманитарных наук. 2006. № 2. С. 192-194.
2. Кротова Н. В. Вузы культуры и искусств в духовной жизни современной России // Вестник МГУКИ. 2007. № 3. С. 16.
3. Курганский, С. И. Интенсификация развития образовательной системы вуза: на примере вузов культуры и искусств. Белгород : Изд-во БГИКИ, 2005. 348 с.
4. Машукова, Н. Д. Профессиональный стандарт как многоуровневая структура профессиональной квалификации // Высшее образование сегодня. 2006. № 11. С. 24-30.
5. Педагогика профессионального образования : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по спец. «Педагогика» / [Е. П. Белозерцев и др.] ; под ред. В. А. Сластёнина. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. 366 с. : табл. – (Высш. проф. образование. Пед. специальности / Междунар. акад. наук пед. образования).
6. Решетников, О. П. Профессионально-личностное развитие студентов средних специальных заведений на основе акмеологического подхода // Духовное развитие как основа достижения «акме» в личностном становлении профессионала в работе: пособие / О.П. Решетников; под общ. ред. П.Е. Решетникова. – Белгород, 2007. С. 160, 166, 169, 17.
7. Решетников П. Е., Ваничкина Т. В., Есипова И. Ю. и др. Профессионально-личностное развитие студентов средних специальных учебных заведений на основе акмеологического подхода : пособие для руководителей и преподавателей сред. спец. учеб. заведений ; науч. ред. П. Е. Решетников. Белгород : Политекра, 2007. 267 с.
8. Солодухин В. И. Стратегия интеграции вузов культуры и искусств в мировое пространство образования // Вестник МГУКИ. 2007. № 3. С. 37-42.
9. <http://planetadisser.com/part/dis146130.html>

*Северин Н.Н., д-р пед. наук проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Ражников С.В., слушатель ФРК (заочного обучения)
Академия ГПС МЧС России*

АКТУАЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА*

Ivanzhernokleev1@rambler.ru

В статье рассмотрены вопросы применения системного подхода и системного анализа в управлении надзорной деятельности, что позволяет совершенствовать работу управления надзорной деятельности, ориентации её на решение проблем, на выявление возможностей, недостатков, узких мест в процессе сбора, переработки информации и принятия решений.

Ключевые слова: инспектор, управление, пожарная безопасность, надзорная деятельность, системный подход, методология, организация.

Введение. В связи с высокими темпами развития технологий, а так же повышением динамики информационных процессов, увеличением объёмов нормативной документации, регламентирующей порядок обеспечения пожарной безопасности, защиты в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера изменяются условия и порядок осуществления надзорной деятельности [1].

Данные факты создают проблемы связанные с кадровым оснащением, огромным количеством законодательных и нормативных документов, качеством осуществления проверок, подготовки и адаптации сотрудников в быстро изменяющейся среде, осуществлении регулирования отношений в сфере безопасности, информационно-технологического обеспечения подразделений надзорной деятельности, образования и компетентности сотрудников надзорной деятельности [2].

Уровень обеспечения пожарной безопасности на закреплённой территории, готовность к обеспечению безопасности и спасению людей при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, готовность в случае военных действий или вследствие этих действий в настоящее время напрямую зависит от рационального подхода к организации управления надзорной деятельностью и качества осуществления надзорных мероприятий осуществляемых Главными государственными инспекторами их заместителями и государственными инспекторами, а также их взаимодействия с органами местного самоуправления [3].

В целях совершенствования методов управления в системе МЧС РФ целесообразно применение системного подхода и системного анализа на примере Управления надзорной дея-

тельности Главного управления МЧС России по Белгородской области, что позволит усовершенствовать и улучшить деятельность Главных государственных инспекторов их заместителей и государственных инспекторов.

Методология. При работе были использованы методы анализа и обобщения результатов ранее выполненных научных исследований в области системного анализа.

Основная часть. Системный подход базируется на общей теории систем, основы которой были заложены ещё в XIX веке Д.И. Менделеевым (1834-1907), Е.С. Фёдоровым (1853-1919), А.А. Богдановым (1873-1927), П.К. Анохиным (1898-1974), Л. Бертаданфи (1901-1972) и др. Но только в последние десятилетия этот подход сформировался как способ мышления по отношению к организации и управлению, как специфический подход к изучению объектов, явлений и процессов большой степени сложности, в которой реализуются принципы целостного рассмотрения явлений и процессов во всей сложности, взаимосвязи и взаимообусловленности их развития.

Интегративное сбалансированное исследование различных методологических подходов применительно к каждому конкретному исследованию систем (организации), поэтому данный подход правомерно следует трактовать именно как системный, т.е. интегративно-конвергенциальный, представляющий систему подходов [4].

Это позволяет провести, комплексный всесторонний анализ состояния системы (организации) и её соответствие обстановки. При этом, исходя из содержания системы (организации) как совокупности функционально связанных элементов (подразделений), определяющих характер её деятельности, наиболее часто систем-

ный подход комплексирован с процессным и ситуационными подходами.

В настоящее время в большинстве случаев системный подход считается универсальной методологией исследования. Он получил широкое распространение в современной теории и практике управления организацией [5].

В ходе проведённого анкетирования сотрудников надзорной деятельности ГУ МЧС России по Белгородской области по вопросам оказания влияния деятельности надзорных органов внутри системы и воздействие (взаимодействие) с внешней средой, в частности на развитие экономических отраслей среднего и малого (микро) бизнеса были получены следующие результаты:

Какое влияние оказывает государственный пожарный надзор на развитие среднего и малого бизнеса?

1. Положительное – 84%.
2. Отрицательное – 1%.
- Никакого – 15%.

Считаете ли вы достаточным размер ежемесячной заработной платы согласно Вашей занимаемой должности?

1. Достаточная – 70%.
2. Не совсем достаточная – 27%.
- Не достаточная – 3%.

Как Вы думаете, достаточно ли законодательных и нормативно-технических документов для осуществления надзорных функций?

1. Достаточно – 81%.
2. Не совсем достаточно – 14%.
3. Недостаточно – 0%.
- много ненужных – 5%.

Считаете ли Вы достаточными санкции предусмотренные кодексом РФ об административных правонарушениях за нарушения которых главные государственные инспектора (заместители), государственные инспектора вправе составлять и рассматривать дела об административных правонарушениях.

1. Слишком большие – 17%.
2. Достаточные – 81%.
3. Недостаточные – 2%.
- Слишком маленькие 0%.

Оказывает ли влияние количество проведённых проверок в области обеспечения пожарной безопасности на состояние пожарной безопасности на закреплённой территории.

1. Оказывает положительное – 99%.
2. Оказывает отрицательное – 0%.
- Никак не оказывает – 1%.

Упрощает ли деятельность при исполнении государственной функции автоматизированное программное обеспечение СПО ИАП?

1. Упрощает – 50%.
2. Не упрощает – 25%.
- Создаёт дополнительные трудности – 25%.

Оказывает ли влияние проведение противопожарной пропаганды на состояние пожарной безопасности на территории Вашего района (города)?

1. Оказывает существенное 45%.
2. Оказывает – 47%.
3. Оказывает не существенное – 8%.
- Не оказывает – 0%.

Какой стаж Вашей работы в надзорной деятельности?

1. До 5 лет – 30%.
2. От 5 до 10 лет – 26%.
3. От 10 до 15 лет – 29%.
4. От 15 до 20 лет – 12%.
- Свыше 20 лет – 3%.

Соответствует ли уровень Вашего образования и опыт в работе занимаемой должности?

1. Соответствует – 80%.
2. Не соответствует – 0%.
3. Готов работать на ступень выше занимаемой должности – 20%.

Готов работать на ступень ниже занимаемой должности – 0%.

Какое у Вас образование?

1. Средне-техническое специальное (учебное заведение МЧС) – 20%.
2. Средне-техническое другого учреждения – 2%.
3. Высшее специальное (учебное заведение МЧС) – 34%.
- Высшее другого профиля – 44%.

Какой Ваш возраст?

1. До 25 лет -10%.
2. От 25 до 30 лет – 30%.
3. От 30 до 45 лет – 58%.
4. От 45 до 50 лет 2%.
- Свыше 50 лет – 0%.

Из приведённых результатов видно, что значительное количество сотрудников (84%) считают что контроль за состоянием пожарной безопасности оказывает положительное влияние на развитие экономических отраслей. Из данных результатов следует, что вопросы обеспечения безопасности, в частности пожарной безопасности были есть и будут основой благополучного

существования и функционирования любой организации.

Вопрос оплаты труда показал что 70% сотрудников надзорной деятельности считают размер ежемесячной заработной платы – достаточным, однако 27 % считают размер заработной платы не совсем достаточным. Из чего можно сделать вывод, что премирование сотрудников позволит создать дополнительное стимулирование личного состава для достижения положительных результатов деятельности.

Что касается законодательной и нормативно-технической базы то данные опроса указывают что 81% сотрудников считают действующее законодательство достаточным. Не совсем достаточной считают 14% и 5% - что много ненужных законодательных документов. Из чего следует необходимость совершенствования действующего законодательства исходя из темпов роста социального, экономического и информационного развития.

В вопросе штрафных санкций предусмотренных кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях (далее КоАП РФ) за нарушения которых главные государственные инспектора (заместители), государственные инспектора вправе составлять и рассматривать дела об административных правонарушениях 17% считают – слишком большие, 81% – достаточные и 2 % недостаточные. Несмотря на повышение штрафных санкций в разы большинство сотрудников придерживаются мнения достаточности суммы штрафов за нарушения, предусмотренные КоАП РФ. Из проведенного анализа с 2009 по 2013 годы деятельности надзорных органов УНД ГУ МЧС России по Белгородской области установлено, что количество выявленных нарушений законодательства значительно сократилось, что говорит о том, что собственники объектов, имущества, территорий заинтересованы в обеспечении пожарной безопасности. Современные условия могут позволить обеспечить требуемый уровень безопасности организации при личной заинтересованности органов местного самоуправления, руководства организаций и предприятий.

В связи с автоматизацией систем управления необходимо проводить дополнительное обучение сотрудников надзорной деятельности по работе с данной программой [6]. Опрос об упрощении функций надзора с помощью автоматизированного специального программного обеспечения исполнения административных процедур(СПО ИАП) показал, что 50 % сотрудников согласились с упрощением исполнения функций, 25 % указали на то что данное программное обеспечение не упрощает исполнение

функций и 25 % - указали на то, что создаёт дополнительные трудности. Для решения данного вопроса в первую очередь необходимо обратить внимание на техническое оснащение структурных подразделений надзорной деятельности и обеспечение их безопасным интернетом (интранет).

Так же значительное внимание следует уделить образованию сотрудников. Из опроса видно что 20% сотрудников имеют средне-техническое специальное образование (учебное заведение МЧС); 2% - средне-техническое другого учреждения; 34% - высшее специальное (учебное заведение МЧС); 44% - высшее другого профиля. Стимулирование сотрудников для получения специального образования в высших учебных заведениях МЧС поможет решить проблему оснащения учащимися, что так же в будущем способствует укомплектованности структурных подразделений высококлассными специалистами [7].

Системный подход в управлении надзорной деятельностью позволит:

- раскрыть основные системные свойства объектов, выявить всех типы связей и свести их в единую картину;

- проанализировать все аспекты деятельности организации и провести синтез системы, то есть объединить все отдельные элементы в единое целое;

- выявить критические переменные и ограничения в системе;

- владение приёмами системного подхода позволит руководителю решать любую проблему с учётом взаимодействия с другими проблемами.

Системное мышление поможет руководителю более глубоко понимать причины многих явлений, которые казались случайными и разрозненными, и объединив их в систему выявить закономерности функционирования и развития в организации управления коллективом.

Главное назначение системного анализа – представить сущность проблем, стоящих перед руководителями, по возможности в более простом и доступном для понимания виде, не предлагая при этом окончательных решений.

Задачей системного анализа является совершенствование работы управления надзорной деятельности, ориентация её на решение проблемы, на выявление возможностей, недостатков, узких мест в процессе сбора, переработки информации и принятия решений в целях устранения этих недостатков. Выявление актуальных проблем управления и ближайших целей является также предметом диагностического обследования и анализа организации.

Выводы. Для эффективного функционирования управления надзорной деятельности необходимо переработать ряд документов, регламентирующих её деятельность и внедрить их в практику.

Следует особо отметить, что роль методологии при системном подходе сводится к максимально точной формулировке задачи на каждом этапе и к подбору на каждом этапе метода, в наибольшей степени соответствующего существу постановки задачи.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В., Северин Н.Н. Организация государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 169с.
2. Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Ковалева Е.Г., Литвин М.В. Общая характеристика системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С.179-183.
3. Семиков В.Л., Рязанов В.А., Соболев Н.Н., Ломаева Т.А., Ломаев Е.Н., Измайлов Р.А., Клепко Е.А., Морозов В.И., Матюшина Е.А. Организация и управление в области обеспечения пожарной безопасности: уч. пос. М: Академия ГПС, 2009. 165.
4. Семиков В.Л., Ушаков В.Д. Теория организации в схемах и таблицах. М., 2010. 126с.
5. Семиков В.Л. Теория организации. М.: Изд-во Академия ГПС, 2003. 247с.
6. Система СПО ИАП с встроенным программным модулем "Сбора информации о состоянии безопасности объектов надзора по результатам надзорной деятельности в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера" // Отчет НИР / Новосибирский филиал НИИ ВДПО. Новосибирск. 2009.
7. Ветрова Ю.В., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В. Формирование личностных качеств у сотрудников ГПС МЧС России – главная цель функционирования системы профессиональной подготовки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С.180-183.

Радюцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,
Васюткина Д.И., асс.

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ*

Ivanzhernokleev1@rambler.ru

В статье рассмотрены вопросы количественных критериев оценки эффективности систем безопасности высших учебных заведений. Разработанные количественные критерии определяющих и влияющих факторов безопасности, позволяют оценить качество действующей в высшем учебном заведении системы управления рисками, а так же сравнить состояние этих систем в различных высших учебных заведениях.

Ключевые слова: опасность, риск, система безопасности, система управления рисками, чрезвычайная ситуация, определяющий фактор, критерий безопасности.

Введение. Проблема защищенности высших учебных заведений (ВУЗ) от кризисных и чрезвычайных ситуаций особенно актуальна из-за присутствия большого количества людей и высокой плотности их сосредоточения [1]. Это обстоятельство определяет повышенные требования к ВУЗовским системам управления рисками кризисных и чрезвычайных ситуаций и требует разработки объективных количественных критериев их эффективности [2].

Информация, необходимая для оценки состояния системы управления рисками образовательного учреждения, должна содержать характеристику всех потенциальных опасностей, угрожающих его нормальному функционированию; характеристику состояния учреждения по критериям стойкости, живучести, защищенности и надежности; характеристику деятельности учреждения, направленной на улучшение этих показателей [3].

Необходимым условием защищенности ВУЗа от кризисных и чрезвычайных ситуаций является идентификация всех внешних и внутренних источников опасности, а также их ранжирование по степени значимости.

Методология. В процессе работы был использован системный подход, охватывающий методы анализа и обобщения факторов риска.

Основная часть. Состояние защищенности ВУЗа от потенциальных опасностей характеризуется действием следующих пяти первостепенных (определяющих) факторов [4]:

1. Система круглосуточного дежурства, ежедневного осмотра источников опасности, мониторинг состояния окружающей среды;

2. Наличие и регулярная проверка исправности систем противопожарной сигнализации и средств пожаротушения;

3. Система контроля условий хранения и использования АХОВ и РВ;

4. Система экстренной связи;

5. Наличие систем оповещения, их состояния, а также схем эвакуаций.

Безопасность ВУЗа определяется также группой влияющих факторов, к которым относятся:

1. Наличие планов-схем территории ВУЗа и прилегающей местности с указанием всех потенциально-опасных объектов и коммуникаций; поэтажных планов зданий ВУЗа с указанием источников опасности; схем всех инженерных сетей;

2. Система регулярного контроля и поддержания необходимого технического состояния зданий, сооружений, их элементов и инженерного оборудования, инженерных сетей и систем жизнеобеспечения;

3. Наличие нештатных аварийно-спасательных формирований, их оснащенность необходимым оборудованием и СИЗ;

4. Система информирования сотрудников и студентов об опасностях и способах защиты от них, воспитания дисциплинированности и культуры безопасности;

5. Система обучения сотрудников и студентов к действиям в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций.

Степень реализации факторов определяется в долях единицы [5].

Первый определяющий фактор.

Первый определяющий фактор включает в себя три позиции: систему круглосуточного дежурства, процедуру ежедневного осмотра источников потенциальной опасности, находящихся внутри ВУЗа и систему мониторинга состояния окружающей среды. Относительную значимость этих позиций оценим в долях единицы следующим образом: 0,5; 0,3; 0,2. Если в ВУЗе реализована только первая позиция (система круглосуточного дежурства), то реализацию первого фактора следует оценивать в 0,5 балла, если действуют две первые позиции, то получаем 0,8 балла и т.д.

Второй определяющий фактор.

Степень реализации второго определяющего фактора, связанного с противопожарной безопасностью, определяется относительной долей помещений, в которых установлены средства противопожарной сигнализации и пожаротушения. К примеру, если этими средствами оборудованы 70% помещений, то степень реализации второго фактора составляет 0,7.

Третий определяющий фактор.

Степень реализации третьего определяющего фактора, связанного с надлежащим хранением опасных веществ, определяется выполнением следующих требований:

- наличие строго ограниченного списка специально подготовленных сотрудников, имеющих доступ к опасным веществам;
- наличие плана регулярных проверок условий хранения и использования опасных веществ;
- выполнение инструкций, предписаний, планов проверок и т.д., подтвержденное документально.

Выполнение всех трех требований обязательно. Только в этом случае реализация третьего определяющего фактора может быть оценена в 1 балл. Незначительные недостатки приводят к снижению степени реализации фактора. Но не выполнение хотя бы одного из требований третий фактор безопасности следует считать отсутствующим (ноль баллов).

Четвертый определяющий фактор.

Четвертый определяющий фактор (наличие экстренной связи со всеми необходимыми при возникновении кризисных и чрезвычайных ситуаций государственными органами и службами) можно считать полностью реализованным лишь при наличии запасных (дублирующих) каналов связи.

Пятый определяющий фактор.

Степень реализации пятого определяющего фактора, связанного с эвакуацией, определяется по формуле $(P_0 + P_c) / 200$, где P_0 – процент охвата помещений ВУЗа средствами оповещения и управления эвакуацией; P_c – процент помещений, в которых на видных местах находятся четкие и понятные всем схемы эвакуации людей в случае возникновения ЧС. Высшая оценка степени реализации пятого фактора (1 балл) достигается лишь при стопроцентном охвате помещений ВУЗа средствами оповещения и управления эвакуацией и схемами эвакуации, выполненными на должном уровне.

Сумма количественных оценок (баллов) реализации пяти первостепенных факторов безопасности определяет критерий безопасности A .

Аналогично определяются показатели реализации факторов безопасности, входящих во вторую группу [6].

Первый влияющий фактор.

Показатель реализации первого фактора второй группы (наличие планов и схем) равен:

$$(P_T + P_z + P_c) / 300 \quad (1)$$

где P_T – процент охвата планами и схемами территории ВУЗа и прилегающей местности с указанием всех потенциально опасных объектов; P_z – процент наличия поэтапных планов всех зданий ВУЗа с указанием источников опасности; P_c – процент наличия схем всех инженерных сетей.

Второй влияющий фактор.

Степень реализации второго фактора (контроль и поддержание необходимого технического состояния зданий, сооружений, инженерного оборудования и сетей) определяется наличием плана проверки технического состояния P_1 , планов текущих и капитальных ремонтов P_2 и средним процентом выполнения этих планов за последние три года P :

$$P_1 \cdot P_2 \cdot P / 100$$

$$\text{здесь } P_{1,2} = \begin{cases} 1, & \text{при наличии планов} \\ 0, & \text{при отсутствии планов} \end{cases} \quad (2)$$

Третий, четвертый и пятый влияющие факторы.

Степень реализации трех остальных факторов, второй группы, связанных с аварийно-спасательными формированиями, системами информирования и подготовки студентов и сотрудников к действиям в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций определяется по формулам вида:

$$P_c \cdot (P_{\text{осн}} \cdot P_{\text{вп}}) / 200 \quad (3)$$

где $P_c = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ – индикатор наличия соответствующей системы; $P_{\text{осн}}$ – процент оснащенности необходимым оборудованием, $P_{\text{вп}}$ – документально подтвержденный процент выполнения плана мероприятий информационного и учебно-тренировочного характера.

Сумма оценок (баллов) реализации группы влияющих факторов определяет критерий безопасности ВУЗа B .

Величина критериев A и B не превосходит пяти единиц.

Выводы. На основе анализа представленной ВУЗом информации определяется количество баллов, характеризующих степень реализации определяющих (A), влияющих (B) факторов безопасности, действующих в данном ВУЗе.

Числа A и B округляются до ближайших целых

значений. В итоге состояние защищенности ВУЗа от действия потенциальных опасностей выражается упорядоченным набором двух чисел AB , позволяющем оценить качество действующей в ВУЗе системы управления рисками, а также сравнить состояние этих систем в различных ВУЗах.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радаев Н.Н. Приближенные оценки защищенности объектов от террористических действий // Безопасность, достоверность, информация. 2007. №3(72). С.28-32.
2. Панин О.А. Анализ Эффективности интегрированных систем безопасности: принципы, критерии, методы // Системы безопасности. 2006. №2. С.30-37.
3. Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В. Оценка риска и управление технологической безопасностью. М.: "Деловой экспресс," 2002. 183с.
4. Разработка математических и структурно-функциональных моделей систем управления рисками, предупреждения и ликвидации чрезвычайных и кризисных ситуаций, методик прогнозирования и оценки рисков и последствий чрезвычайных и кризисных ситуаций в системе высшего профессионального образования // Отчет по НИР БГТУ им. В.Г. Шухова, рук. В.Н. Шульженко. Белгород. 2008.
5. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н., Ветрова Ю.В. Основные положения обеспечения безопасности учреждений высшего профессионального образования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С.186-187.
6. Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В., Васюткина Д.И. Основание состава системы управления комплексной безопасностью высшего учебного заведения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С.210-215.

Коренева Е.Н., канд. пед. наук, доц.,
Андреева С.М., канд. пед. наук, доц.,
Колтунова С.В., канд. пед. наук, доц.

Белгородский государственный институт искусств и культуры

В ПОИСКАХ ОПТИМАЛЬНОГО СОЧЕТАНИЯ ФОРМ И МЕТОДОВ ПРЕПОДАВАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО

korenevaen@yandex.ru

В статье рассматривается совокупность взаимодополняющих форм и методов преподавания русского языка для иностранных студентов. Авторы актуализируют как традиционные, так и инновационные методы обучения русскому языку как иностранному, среди которых: интенсивный метод, интерактивный, игровой метод и другие.

Ключевые слова: самостоятельная работа, лингафонный кабинет, компьютерное обучение, игра, пословицы, поговорки, живопись, интеграция.

В период расширения интеграционных границ вузов в системе мирового образовательного пространства, что неизменно ведет к увеличению не только числа иностранных студентов, но и расширяет географию образовательного взаимодействия, остро встает вопрос поиска инновационных подходов к организации образовательного процесса и, в первую очередь, к обучению иностранных граждан русскому языку.

В настоящее время существует множество подходов к классификации методов обучения русскому языку как иностранному (Т.М. Балыхина, Г.М. Будренюк, О.Е. Волынцева, В.М. Григорьевский, В.Г. Костомаров, Л.С. Крючкова, И.В. Курышева, Л.В. Миллер, О.Д. Митрофанова, Л.А. Руднева, З.М. Цветкова, С.Н. Цейтлин, А.Н. Шукин и др.).

Анализируя их работы, условно можно выделить две группы методов:

- традиционные методы, суть которых заключается в системном изучении всех аспектов языка, т.е. лексики, грамматики, фонетики, в формировании навыков чтения и перевода;
- и интенсивные методы, суть которых состоит в том, чтобы заинтересовать студентов и тем самым добиться максимального результата усвоения русского языка.

Вместе с тем, не отрицая традиционных форм обучения русскому языку как иностранному, в высшей школе продолжается поиск педагогически целесообразных, применительно к современным условиям, путей повышения результативности в обучении русскому языку как иностранному, который все чаще в ряд более эффективных ставит *интенсивные методы*.

От традиционных методов обучения интенсивные методы отличаются способом организации и проведения занятий: повышенным вниманием к различным формам педагогического общения, социально-психологическому климату в группе, созданию адекватной учебной мотивации, снятию психологических барьеров при

усвоении языкового материала в условиях речевого общения и т.п.

Интенсивные методы, как правило, призваны решать задачу овладения русским языком в предельно сжатые временные рамки. Многообразие интенсивных методов определяется комплексом практических образовательных целей, поэтапно выстраиваемых в логическую цепочку задач. Необходимость использования интенсивных методов обучения, в нашем случае, обусловлена идеей переориентации системы обучения на личность обучаемого, развитие его творческого и интеллектуального потенциала в условиях направленности процесса обучения на активизацию их образовательной деятельности.

По мнению Т.М. Балыхиной метод активизации опирается на ряд принципов: поэтапно-концентрическая организация занятий, глобальное использование всех средств воздействия на психику обучающихся, устное опережение, использование индивидуального обучения через групповое, воздействие ролевых и личностных элементов в обучении, двуплановость обучения [1; с. 41].

Многие исследователи к интенсивным методам обучения относят интерактивные методы, рассматривая их как форму интенсивного педагогического образования, как процесс взаимодействия обучаемых между собой, с преподавателем, с учебной литературой, компьютером, в результате чего осуществляется приобретение новых знаний, навыков и опыта, а также происходит самореализация личности, а также как обучение, погруженное в общение.

Так, И.В. Курышева характеризует такие методы рядом специфических особенностей.

Прежде всего, деятельность участников образовательного процесса направлена на решение общей задачи в процессе активного взаимодействия субъектов этого процесса, где роль преподавателя сводится к минимуму. Вторым, не менее важным, условием эффективности интерак-

тивных методов обучения является организация атмосферы сотрудничества в малых группах.

«Обучение осуществляется по схеме «мотивация - формирование нового опыта - его осмысление через применение - рефлексия». Кроме того, интерактивные методы предполагают применение игровых форм обучения, на основании которых осуществляются формирование и передача опыта, создаются благоприятные условия для самореализации личности участников» [3; с. 161].

Наиболее широкое практическое применение в процессе обучения русскому языку как иностранному находят такие интерактивные методы, как: ролевые игры, проектирование, методы кейса, кластера и «мозгового штурма». Специфической особенностью этих методов является наличие, наряду с образовательной, воспитательной и развивающей, их солидаризирующая функция.

Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Так, широкие возможности для реализации вышеперечисленных функций заложены в *ролевой игре* как одной из форм активизации учебного процесса [4].

В основе игры лежит ситуация, характерная для реальной жизни. В игре обязательно присутствуют элементы неожиданности и, как следствие, спонтанная речь участников образовательного процесса, прежде всего, самих студентов. Иногда преподаватель тоже может взять себе какую-нибудь роль, но не главную. Ролевая игра способствует максимальному вовлечению всех иностранных студентов в активную познавательную деятельность. В процессе игры робкие студенты преодолевают барьер неуверенности, начинают говорить, становятся активными в речевом общении. В процессе игры иностранные студенты приобретают такие навыки, как умение начать беседу, поддержать ее, согласиться с мнением собеседника или опровергнуть его, задавать уточняющие вопросы и т.д.

Многие исследователи обращали внимание на большие потенциальные возможности игры в качестве средства обучения именно русскому языку как иностранному. По их мнению, благодаря играм активизируются все познавательные процессы человека: развиваются внимание, память, мышление, творческие способности. Обучающие игры помогают снять усталость, преодолеть языковые и психологические преграды.

Игровое обучение представляет собой форму учебного процесса в условных, искусственно созданных ситуациях, направленную на усвоение знаний и выработку навыков. Использование игрового метода на занятиях по русскому языку как иностранному является необходимым условием для развития коммуникативной ком-

петенции студентов. Вместе с тем применение данного метода необходимо для того, чтобы разнообразить занятие, привнести в него элемент поучительности, повторить изученную грамматическую тему путем игровых действий.

В преподавании русского языка как иностранного большое внимание уделяется использованию дидактических игр, так как в игровой деятельности легко осуществляется принцип коммуникативного обучения. Целью таких игр является закрепление полученных знаний, формирование умения применять их на практике.

Учитывая, что изучение иностранного языка является весьма сложным процессом, *игровому методу* обучения русскому языку как иностранному придается особое значение. Кроме этого, в работе с иностранными студентами могут быть использованы ребусы, кроссворды, загадки.

На более позднем этапе обучения в рамках подготовки иностранных студентов к их профессиональной деятельности целесообразно применение *кейс-метода*, суть которого заключается в его направленности на использование элементов ситуативного воздействия на субъектов обучения в ходе решения конкретных задач. В результате использования кейс-метода приобретаются навыки применения профессиональной лексики для анализа ситуаций, отрабатывается умение работы с информацией, осуществляется принятие решений на основе анализа ситуации, вырабатываются навыки самоанализа.

Отметим, что в последнее время характерно развитие интенсивных методик органическому включению в систему обучения иностранных студентов технических средств, с целью активизации психологических возможностей обучающихся и в качестве источника повышения эффективности занятий по русскому языку как иностранному. Их число и разнообразие растет.

В ряд интенсивных технологий обучения русскому языку как иностранному можно поставить:

- *методику активизации возможности личности и коллектива*, использование которой позволяет за минимальные сроки максимально активизировать умения и навыки овладения русским языком иностранными гражданами в процессе общения и диалога;

- *методику использования средств электронной передачи информации*, цифровой техники, персональных компьютеров и Интернета (компьютерные презентации, видеофильмы культурологической направленности), которая направлена на повышение эмоционального восприятия материала, способствует лучшему его усвоению;

- *методику наглядности как иллюстративного компонента*, которая не только является аккумулятором и сосредоточием внимания студентов, но и способствует комплексному восприятию предметов и явлений социокультурной действительности, помогает проводить логическую связь в системе «слово-предмет», «слово-явление»;

- *методику использования пословиц и поговорок*, в основе которой лежит богатый исторический опыт народа, представления, связанные с трудовой деятельностью, бытом и культурой людей и освоение которого придает речи неповторимое своеобразие и особую выразительность (Как правило, иностранные студенты легко усваивают их и с удовольствием включают в речевую деятельность.).

В. Гумбольдт отмечает, что социолингвистическая компетенция, которая формируется в процессе изучения иноязычных пословиц, предполагает осознание культурного фона и социокультурных условий функционирования языковых единиц, что напрямую влияет на языковую коммуникацию между представителями разных наций. Таким образом, в процессе освоения языка, воплощающего в себе своеобразие народа [2, с.349].

Если же говорить о педагогическом потенциале пословиц и поговорок, следует отметить, что они не просто выражают ту или иную воспитательную идею. Они имеют определенную воспитательную задачу, дидактические цели, диктуемые педагогической интуицией народа, принципом целесообразности. В самом композиционном построении пословиц и поговорок заложена их педагогическая целесообразность, рассчитанная не просто на усвоение истин, но и на то, чтобы они стали неписаными законами жизни, оказывали прямое воздействие на воспитание и формирование личности. Их лаконичность и краткость создают условие для осуществления принципа доступности, обилие элементов ритмики и поэтической речи придает паремиям образность, их композиционное строение способствует реализации принципа прочности, системности и последовательности.

- *методику просмотра художественных фильмов*, которая направлена на активизацию изученной лексики и грамматики, совершенствование навыков восприятия устной речи, оказывает эмоциональное воздействие, что является важным стимулом для студентов для высказывания своей точки зрения;

- *методику инсценирования*, в основу которой положена задача активизации речевой деятельности с использованием изученного материала, а также вхождения иностранного студента в образ героев российских произведений.

Необходимо учитывать тот факт, что рамки учебных занятий не всегда позволяют организовать проведение инсценировок в ходе образовательной деятельности, что выдвигает необходимость организации внеучебной деятельности по русскому языку как иностранному. Используя данный метод, необходимо учитывать национальные, религиозные, индивидуальные особенности студента, в том числе и эмоциональные, а также степень его подготовленности по русскому языку.

В заключении хочется обратить внимание на то, что выбор того или иного метода обучения языку зависит от ряда задач, которые ставит перед собой педагог. Так, при выборе методики учитываются цели изучения языка, сроки обучения, потребности учащихся в языке, уровень подготовленности студентов, психологические особенности группы, профессиональная направленность вуза, материально-технические возможности и др.

Кроме того, методы обучения должны обеспечивать обоснованное чередование видов деятельности с целью улучшения восприятия грамматического материала, его запоминания. Знание и использование различных методов преподавания языка, их универсальное сочетание позволяют достичь максимальной эффективности в обучении русскому языку как иностранному. В то же время следует особо подчеркнуть, что немаловажную роль в достижении поставленных задач играет использование интерактивных методов.

Итак, метод активизации опирается на ряд принципов: поэтапно-концентрическая организация занятий, глобальное использование всех средств воздействия на психику обучающихся, устное опережение, использование индивидуального обучения через групповое, воздействие ролевых и личностных элементов в обучении, двуплановость обучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балыхина Т.М. Методика преподавания русского языка как неродного, нового: Учебное пособие для преподавателей и студентов. - М.: Издательство РУДН, 2007. 185 с.
2. Гумбольдт В. Язык и философия культуры. М., 1985. 452 с.
3. Курышева И.В. Классификация интерактивных методов обучения в контексте самореализации личности учащегося // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, 2009. № 112. - С. 160 - 164.
4. Миллер Л.В., Политова Л.В., Рыбакова И.Я. Жили-были. 28 уроков для начинающих. - СПб: Златоуст, 2011. 152 с.

Тихонович Е.В., канд. пед. наук, доц.,

Тихонович Н.В., доц.,

Белгородский университет кооперации, экономики и права

**ОБУЧЕНИЕ ЗА РУБЕЖОМ КАК ОДНО ВАЖНЕЙШИХ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ
УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

interdept@bukep.ru

Статья посвящена описанию возможностей в образовании, предоставляемых новыми политическими и экономическими условиями, подчеркивается важность обучения за рубежом, как одного из факторов повышения конкурентоспособности российских специалистов.

Ключевые слова: обучение, уровень межкультурного образования, межкультурная компетенция, конкуренция, конкурентоспособность.

В настоящее время социально-политическая ситуация в мире и в России, интеграция российского образования в европейское образовательное пространство, а также вступление России в Болонский процесс и переход большинства вузов Российской Федерации на систему обучения бакалавр\магистр, ставят перед высшими учебными заведениями новые задачи. В распоряжении Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. N 1662-р. «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года» указывается, что «конкуренция различных систем образования стала ключевым элементом глобальной конкуренции, требующей постоянного обновления технологий, ускоренного освоения инноваций, быстрой адаптации к запросам и требованиям динамично меняющегося мира»[3].

Такие документы как «Концепция культуры мира ООН» и «Концепция модернизации российского образования на период до 2020 года», отражают образовательную политику России, учитывают не только общенациональные интересы в сфере образования, но и общие тенденции мирового развития. Российские вузы используют все возможности, предоставляемые им новыми политическими и экономическими условиями. Это должно привести к «повышению конкурентоспособности российского образования, что станет критерием его высокого качества, а также обеспечит позиционирование России как одного из лидеров в области экспорта образовательных услуг».[3]

Современные условия диктуют необходимость выполнения социального заказа общества на подготовку «конкурентоспособных», образованных специалистов, способных уверенно и эффективно участвовать в профессионально-деловом, социокультурном и повседневном общении с коллегами из других стран мира» [14]. В соответствии с этой необходимостью высшая школа призвана создать «качественно новую образовательную систему, способную обеспечить для личности возможность реального неконфликтного взаимодействия в поликульту-

турном пространстве своей страны и мира в целом» [6]. Исходя из этого, в настоящий момент, необходимо:

- сформировать инфраструктуру и институциональные условия академической мобильности студентов и преподавателей;[2]

- обеспечить возможности каждому учащемуся получать образование в современных условиях;[2]

- сформировать новый тип мышления у специалиста в любой области знаний;[2]

- научить его, не только анализировать и формулировать, но и транслировать новые знания, идеи и ценности, [2]

- сформировать у будущих специалистов умения и навыки межкультурного общения, позволяющие им работать в иной социокультурной среде. Данные качества, воспитанные у студентов в образовательном пространстве вуза, примененные в практической внеучебной деятельности, окажут неоценимую помощь в построении карьеры.

В нашей работе мы сосредоточимся на рассмотрении понятия Study Abroad (обучение за рубежом), условий участия в его программах, а также возможностей, предоставляемых после обучения по его программам. Обучение за рубежом, или как его принято называть английским термином Study Abroad, является обучением в течение одного семестра или одного года в другой стране, в иностранном учебном заведении. Причем студенты могут подавать заявки на эту программу, только лишь обучившись в родном вузе как минимум один год.

Освоение программы Study Abroad, предполагает, что обучающиеся должны владеть не только иностранным языком, но и стать межкультурно образованными, т.е. изучить культуру, политическое и экономическое устройство, правила поведения, нормы и традиции общественной жизни страны проживания. Данная программа, действительно, дает высокие шансы получить престижную работу и добиться успехов в карьере по возвращению на родину. Однако «студенту и специалисту должны быть присущи следующие характеристики взрослого культурного человека: ува-

жение достоинства другого человека и сохранение собственного достоинства; адекватность поведения, культура профессионального и общественного взаимодействия и социального бытия; соблюдение этносоциокультурных традиций, обычаев, норм, этикета в моно-и межкультурном взаимодействии». «Особое значение имеют готовность специалиста использовать общекультурный фонд знаний, его потребность в продолжении личностного культурного развития, понимание основных ценностно-смысловых доминант современного мира, страны, общества, т.е. общецивилизационной культуры»[8].

Мотивация для участия в программе Study Abroad может быть представлена следующими пунктами:

- - попытка взглянуть на изучаемую специальность из «иностранный перспективы».
- - получение более глубоких знаний иностранных языков.
- - более предметное знакомство с культурой другой страны.
- - создание круга знакомств в иноязычном социокультурном пространстве.
- - приобретение опыта проживания за рубежом.
- - возможность обойти Numerus Clausus, принятый для поступления в немецкие университеты.
- - использование более выгодных условий обучения, предоставляемых иностранными вузами.
- - получение двойного диплома.
- - возможность социализации в иноязычном социокультурном пространстве.

Основная задача, которая решается в процессе обучения в иностранном вузе может быть определена как развитие у обучающихся так называемой «когнитивной гибкости», которую О.А. Леонтович в своем труде «Россия и США введение в межкультурную коммуникацию» описывает как:

- готовность к восприятию явлений, незнакомых индивиду из предшествующего опыта;
- отказ от попытки втиснуть новый опыт в жесткие рамки собственного мира с иных позиций;
- признание прав представителей другой культуры на восприятие мира с иных позиций;
- способность к преодолению стереотипов.

«Пробираясь на ощупь через реальность познаваемого мира, личность берет на вооружение коммуникативные действия, достигающие нуж-

ной цели, и корректирует поступки, ошибочность которых доказывается самой практикой» [12].

Студентам, готовящим себя к учебе по системе Study Abroad в иноязычной социокультурной среде, необходимо заполнить имеющиеся пробелы в информации об этом «культурном пространстве, выступающем в качестве контекста общения [12] или «разделенного знания» [19].

Можно утверждать, что задача высшей школы на современном этапе усложняется необходимостью создавать «качественно новую образовательную систему, способную обеспечить для личности возможность реального неконфликтного взаимодействия в поликультурном пространстве своей страны и мира в целом» [6]. Исходя из этой мысли, становится неоспоримым, что знания в области межкультурного общения станут необходимым условием фоновой социализации и социокультурной подготовки, на основе которой будет реализовываться общение с представителями инокультур, а также облегчат профессиональное продвижение обучающихся.

Необходимо подчеркнуть, что желание студентов участвовать в программе Study Abroad приводит их к необходимости поиска подходящего учебного заведения, программы, которая бы подошла им. Это, в свою очередь, активизирует имеющиеся у них знания английского языка, навыки работы с компьютером, а также наличие общего понимания необходимого им знания, которое они могут получить в другой стране, а также соотнести систему оценок (кредиты).

Следует отметить, что твердое желание участвовать в программе Study Abroad приводит студентов к необходимости:

- выработать исходную психологическую установку на эмпатию и толерантность,
- получить из различных источников общие знания о культуре и законах коммуникации в стране обучения,
- иметь специальные знания о конкретной культуре и конкретном иностранном языке,
- овладеть вербальными и невербальными стратегиями интеракции и общения [15].

Успех или провал обучения по программе Study Abroad напрямую зависит от успешности преодоления проблем, связанных с дискомфортом, возникающим в конфликтных ситуациях, поскольку «именно от степени и глубины взаимопонимания участников коммуникации, относящихся к различным национальным культурам, зависит положительный результат межкультурного общения»[9], а также преодолению различных коммуникативных барьеров. В самом широком смысле коммуникативный барьер – это

психологическое препятствие на пути информации между коммуникантами. В случае возникновения барьера информация искажается или теряет изначальный смысл.

Так, Р.П. Мильруд в работе «Методология организации профессиональной подготовки специалиста на основе межкультурной коммуникации» описывает коммуникативные барьеры и их возможные разновидности, которые были подробно проанализированы в работе В. Демкина, констатирующего, что они могут быть устранены именно в иносоциокультурной среде: [13]:

- семантический барьер, связанный с различиями системы значений используемых участниками общения;

Качество	Баллы	Качество	Баллы
Работоспособность	100	Способность к концентрации	97
Отношение к работе	100	Способность к работе в команде	95
Надежность	97	Логическое мышление	95
Чувство ответственности	97	Инициатива	95
Целеустремленность	94	Самообучение	94
Коммуникативное поведение	93	Стабильность	88
Предсказуемое поведение	92	Выносливость	84
Мотивация	90	Креативность	83

Не подлежит сомнению тот факт, что обучение за рубежом, так называемое Study Abroad, предоставляет уникальные возможности студентам всех стран мира не только познакомиться с системой образования разных стран, узнать культуру, обычаи, традиции, включиться в «диалог культур, как в процесс обмена информацией и культурными ценностями в контексте межкультурной коммуникации» [17].

Именно понимание различий между культурами и стремление их «взять на вооружение» и результаты этого понимания, уметь применить их в будущей профессиональной деятельности, является объективным основанием успешного обучения за рубежом. Обучение за рубежом дает уникальную возможность обучающимся также пережить языковое многообразие мира, углубить знания иностранного языка, преодолеть «дистанцию между инокультурными коммуникантами на основе сокращения разности потенциалов в системе языковых средств выражения» [9], что в свою очередь, в будущем сможет облегчить поиски престижной работы и продвижения по карьерной лестнице.

Для выпускников российских вузов данные программы помогут развить «способность устанавливать долгосрочные связи с зарубежными партнерами средствами иностранного языка, овладеть этикой и культурой общения, развивать навыки оперативного решения профессиональ-

- стилистический барьер, возникающий при несоответствии стиля речи коммуникатора;
- логический барьер, возникающий в тех случаях, когда логика рассуждения, предлагаемая коммуникатором, либо слишком сложна, либо неверна [13, с 7].

Основываясь на опросах студентов факультета экономики и менеджмента БУКЭП, прошедших обучение по программе бакалавр/магистр в рамках обучения за рубежом Study Abroad, можно утверждать, что каждое из этих приведенных здесь качеств, усвоенное обучающимся в процессе обучения и подготовки к коммуникативной практической деятельности, способно помочь правильно и быстро найти свое место среди иностранных коллег. Опрос был проведен с использованием 100 - бальной системы.

ных задач, мобильности и готовности к постоянному повышению квалификации в профессиональной сфере деятельности» [5]. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что обучение в иностранном вузе даст большие возможности по изучению особенностей мировой экономики, практике ведения бизнеса и менеджмента. Кроме всего, это погружение в языковую среду и культуру страны, что позволяет будущим специалистам обогатить профессиональное образование, сформировать и совершенствовать навыки межкультурного общения, расширить кругозор, и стать более конкурентноспособными в своей профессии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ президента Российской Федерации о мерах по укреплению кадрового потенциала Российской Федерации. В. Путин. Москва, Кремль. 28 декабря 2013 года. N 967.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 20 июня 2014 г. N 568 г. Москва "О мерах по социальной поддержке граждан Российской Федерации, самостоятельно поступивших в ведущие иностранные образовательные организации и обучающихся в них по специальностям и направлениям подготовки, качество обучения по которым соответствует лучшим мировым стандартам, и по обеспечению

их трудоустройства в организации, зарегистрированные на территории Российской Федерации, в соответствии с полученной квалификацией

3. Распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. N 1662-р. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года (с изменениями и дополнениями) Система ГАРАНТ

4. Большой энциклопедический словарь, Изд. «Большая советская энциклопедия», Москва 1980. С. 922

5. Губина Н.М. Формирование межкультурной компетенции студентов при обучении деловому английскому языку в элективном спецкурсе (Продвинутый уровень, специальность "Мировая экономика"): Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 : Москва, 2004 226 с. РГБ ОД, 61:05-13/485

6. Захарова Г.В. Формирование готовности к межкультурной коммуникации у студентов вуза: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Г.В. Захарова – Нижний Новгород, 2009. 209 с.

7. Запесоцкий А.С. Образование, философия, культурология, политика. М., 2002.

8. Зимняя И.А. Общая культура и социально-профессиональная компетентность человека // Высшее образование сегодня. 2005. №11.

9. Игнатова, И.Б. Межкультурная коммуникация как интегративный компонент обучения иностранных студентов-филологов: монография / И.Б. Игнатова, Л.Ф. Свойкина. – СПб.: Белгород, 2006. 136 с.

10. Куликова Л.В. Коммуникативный стиль в межкультурной парадигме: монография /

Л.В. Куликова; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2006. – 392 с. Монография

11. Леонтович О.А. Русские и американцы: парадоксы межкультурного общения: Монография. М, 2005.

12. Леонтович О.А., Россия и США. Введение в межкультурную коммуникацию Автор: Леонтович О.А. Издательство: Перемена Формат: PDF Язык: русский Размер: 11 МБ Страниц: 399 Год издания: 2003.

13. Методология организации профессиональной подготовки специалиста на основе межкультурной коммуникации / О.А. Артемьева, М.Н. Макеева, Р.П. Мильруд. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 160 с.

14. Наролина В.И., Электронный журнал «Психологическая наука и образование» www.psyedu.ru / ISSN: 2074 -5885 / E-mail: box@psyedu.ru 2010, No 21 Межкультурная коммуникативная компетентность как интегративная способность межкультурного общения специалиста к.п.н. Наролина В.И.

15. Радуга Слов. Ру: Обучение и образование за рубежом, 2015.

16. Резолюция 53/243 Генеральной Ассамблеи ООН "Декларация и программа действий в области культуры мира" (Принята в г. Нью-Йорке 13.09.1999 на 107-ом пленарном заседании 53-ей сессии Генеральной Ассамблеи ООН.

17. "The Great Hidden Problem in American Education" (Hirsch, 1988, p.7-8)

Шадаева Л.И., канд. филол. наук, доц.,
Иркутский государственный технический университет

СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ ТЕЗИСА

Shadaeva@mail.ru

Тезис – это совокупность утверждений, представляющих собой вербальную формулировку основной доказываемой идеи, передающей суть выносимой на обсуждение концепции, предполагающей определенное толкование фактов, чьи достоинства мы пытаемся установить, и добавляющей нечто новое к нашим знаниям. Существует несколько способов выражения тезиса: суждение фактов, оценок и действий. А. Н. Баранов рассматривает тезис с точки зрения теории речевых актов: приказ/повеление, совет, пожелание, речевые акты утверждения, предположения, выражения мнения и др., ориентированные на модель мира и знания адресата. Механизм не прямой репрезентации тезиса аргументации А. Н. Баранов и В. М. Сергеев связывают с функционированием в коммуникации косвенных речевых актов и с отождествлением некоторой части связного текста с тем или иным смысловым эпизодом (например: эпизоды «нападение», «угроза», «торг» и др.). Косвенное введение тезиса аргументации предполагает восстановление адресатом некоторой части смысла аргументативного дискурса, опущенной говорящим, причем эта подразумеваемая часть связана с условиями успешности и другими видами имплицитной семантической информации, которыми говорящий репрезентирует тезис аргументации. Для аргументации А. Линкольна характерно введение тезиса косвенными речевыми актами утверждения, предположения и др., ориентированными на картину мира и знания адресата.

Ключевые слова: тезис, теория речевых актов, косвенные речевые акты, адресат, имплицитная семантическая информация, картина мира.

В современном понимании, тезис – это «совокупность утверждений, представляющих собой вербальную формулировку основной доказываемой идеи, передающей суть выносимой на обсуждение концепции, предполагающей определенное толкование фактов, чьи достоинства мы пытаемся установить, и добавляющей нечто новое к нашим знаниям»[1].

Существует несколько способов выражения тезиса. Так, например, американские лингвисты Р. Рик и М. Силларс выделяют три основных вида тезиса: *суждение фактов, оценок и действий* [2]. А. Н. Баранов рассматривает тезис с точки зрения теории речевых актов. Аргументация как макроречевой акт не является чем-то уникальным, существует большее количество других комплексных речевых актов. Кроме того, говоря языком геометрии, плоскость элементарных речевых актов и плоскость макроречевых актов пересекаются: один и тот же речевой акт выступает в одном случае в качестве элементарного, а в другом – в качестве макроречевого акта. А. Н. Баранов пишет, что существуют «две основные группы речевых актов, наиболее приспособленных ... к введению тезиса в явной аргументации. Первая группа – «императивы» в широком понимании – включают речевые акты, непосредственно затрагивающие процесс принятия решений: приказ/повеление, совет, пожелание и т. п.; вторая группа – «эпистемическая» – ограничена речевыми актами утверждения, предположения, выражения мнения и др., ориентированными на модель мира и знания адре-

сата» [3].

Механизм не прямой репрезентации тезиса аргументации А. Н. Баранов и В. М. Сергеев связывают с функционированием в коммуникации косвенных речевых актов и с отождествлением некоторой части связного текста с тем или иным смысловым эпизодом (например: эпизоды «нападение», «угроза», «торг» и др.).

Косвенное введение тезиса аргументации предполагает восстановление адресатом некоторой части смысла аргументативного дискурса, опущенной говорящим, причем эта подразумеваемая часть связана с условиями успешности и другими видами имплицитной семантической информации, которыми говорящий репрезентирует тезис аргументации.

Для анализа косвенного введения тезиса возьмем отрывок из речи возьмем отрывок из речи а. Линкольна от 10 июля 1858 в г. Чикаго, штат Иллинойс:

“1. It is said in one of the admonitions of the Lord, “As your Father in Heaven is perfect, be ye also perfect.” 2. The Savior, I suppose did not expect that any human creature could be perfect as the Father in Heaven; but He said, “As your Father in Heaven is perfect, be ye also perfect.” 3. He set that up as a standard, attained the highest degree of moral perfection. 4. So I say in relation to the principle that all men are created equal, 5. let it be as nearly reached as we can. 6. If we cannot give freedom to every creature, let us do nothing that will impose slavery upon other creature. 7. Let us then turn this government back into the channel in which the

framers of the Constitution originally placed it. 8. Let us stand firmly by each other. 9. Let us discard all these things, and unite one people throughout this land, until we shall once more stand up declaring that all men are created equal.

10. I leave you, hoping that the lamp of liberty will burn in your bosoms until there shall no longer be a doubt that that all men are created free and equal".

Мы прокомментируем лишь выдвигаемый А. Линкольном тезис. В данном отрывке тезис состоит из нескольких Ассертивов (1,2,3), репрезентирующих положение дел, с одной стороны, к высшему авторитету, с другой – подтверждением истинности выдвигаемого им тезиса. Использование метафоры degree of moral perfection является тематическим переносом «Завета Господа Бога → на принцип демократического общества». Адресату предлагается восстановление части смысла тезиса. Приведем контекст Библии: "Be perfected as your heavenly Father is perfect (St. Matthew 5, 48). Если в библейском завете «совершенство» человека верующего связывалось со стремлением к божьей милости и беспристрастности, то в тезисе А. Линкольна степень морального совершенства определяется степенью стремления американского общества избавиться от зла «рабства». В контексте высказывания А. Линкольна фокусное слово *perfection* приобретает новый смысл, которое не совпадает со смыслом контекста библейской метафоры. Новый контекст («рамка» метафоры) вызывает расширение значения фокусного слова [4]. Как мы отмечали, «моральное совершенство» является основополагающей ценностной категорией общей картины мира американского общества 19 века, что позволило А. Линкольну быть уверенным в положительном принятии адресатом выдвигаемого тезиса. Обсуждаемый тезис трансформируется таким образом, чтобы степень его соответствия/несоответствия актуализированной ценности «стремление к совершенству» стала совершенно очевидной. А. Линкольн посредством библейской метафоры заставляет переживать явление действительного мира (принцип демократического общества) адресата в терминах мира вечности (по Библии).

В поддержку своего тезиса А. Линкольн выдвигает следующий аргумент (4) – Ассертив, опираясь на выражение all men are created equal. Совершенно очевидно, что данное выражение само по себе не является метафорой, а отражает этическое воззрение и убеждение как самого А. Линкольна, так и авторов основополагающего документа – Конституции США, принятой отцами-основателями. Выражение отцов-основателей, в свою очередь, опирается на биб-

лейское изречение о том, что все мы – «чада Божьи», а потому все люди равны между собой: "The Spirit himself gives witness with our spirit that we are children of God" (Roman 8: 16). Концепт имеет размытые границы, чаще всего он не материализован в объектах действительности. Так, моральное суждение all men are created equal («все люди равны между собой») входит в концепт «равенство», поскольку все мы дети Господа Бога, и отражает основополагающую ценностную категорию в картине мира адресата и говорящего.

Интересно, что тезис, выдвигаемый А. Линкольном, одновременно является и аргументом, что подтверждает мнение Ф. ван Еемерена и Р. Гроотондорста о двойной коммуникативной силе речевого акта выдвижения аргумента. Таким образом, мы наблюдаем в Ассертиве вторую коммуникативную силу директивного речевого акта, направленность которого заключается в том, чтобы слушающий совершил некоторое действие. Пропозициональным содержанием данного тезиса будет являться следующее: «Я призываю вас стремиться к моральному совершенству, поскольку это завет Господа Бога, нам надо освободиться от зла рабства, поскольку Бог сотворил нас равными».

Итак, мы определили, что для аргументации А. Линкольна характерно введение тезиса косвенными речевыми актами утверждения, предположения и др., ориентированными на картину мира и знания адресата. Существование ценностной «картины мира» подразумевает наличие оценки. «Оценка добавляет к пропозициональному содержанию высказывания особый компонент, тесно связанный с прагматикой процесса коммуникации»[5].

Важнейшей особенностью любой оценки, включая этическую, моральную и т. д., является то, что в ней всегда присутствует субъективный фактор, взаимодействующий с объективным. Так, субъектом суждений А. Линкольна в его аргументации неизменно выступает американское общество, а объектами выступают различного рода социальные явления: существование института рабства, подчинение законодательным институтам демократической власти и т. д.

В языковых оценочных структурах дается следующая иерархия оценок: «количественные оценки→прототипические оценки→гомеостатические оценки→общие оценки». Для того чтобы определить тип оценки в аргументации А. Линкольна, продолжим комментирование отрывка из его речи от 10 июля 1858 года в г. Чикаго, штат Иллинойс. Представим структуру данного отрывка.

Данные (тезис): "It is said in one of the ad-

monitions of the Lord, "As your Father in Heaven is perfect, be ye also perfect." The Savior, I suppose did not expect that any human creature could be perfect as the Father in Heaven; but He said, "As your Father in Heaven is perfect, be ye also perfect." He set that up as a standard, attained the highest degree of moral perfection. So I say in relation to the principle that all men are created equal.

Основание:

Аргумент 1: "So I say in relation to the principle that all men are created equal, let it be as nearly reached as we can"

Аргумент 2: "If we cannot give freedom to every creature, let us do nothing that will impose slavery upon other creature."

Аргумент 3: "Let us then turn this government back into the channel in which the framers of the Constitution originally placed it."

Аргумент 4: "Let us stand firmly by each other."

Аргумент 5: "Let us discard all these things, and unite one people throughout this land, until we shall once more stand up declaring that all men are created equal."

Заключение: "I leave you, hoping that the lamp of liberty will burn in your bosoms until there shall no longer be a doubt that that all men are created free and equal".

Восстановим ряд ментальных процедур прагматического характера, присущих логическому типу аргументации. Первая процедура предусматривает установление говорящим соответствия между структурой ценностей своей картины мира и структурой ценностей в картине мира адресата. А. Линкольн достигает данного соответствия посредством употребления метафоры degree of moral perfection, которая отражает наиболее ценностную категорию в картине мира как адресата, так и самого говорящего, завет Господа Бога. Вторая процедура предусматривает сравнение обсуждаемого тезиса с актуализованным ценностным концептом. Данная процедура достигается говорящим через употребление выражения all men are created equal, отражающего основополагающий ценностный

концепт демократического общества, прописанный в Декларации Независимости, равенства всех людей. Третья процедура – оценка степени соответствия тезиса представлению о ценности – выражается А. Линкольном в аргументах (1,2,3,4,5). Таким образом, мы имеем гомеостатическую оценку, т. е. оценку, основанную на критериях достижения определенной цели. В нашем случае достижения морального совершенства американским народом могло произойти при соблюдении следующих критериев равенства всех людей и общности американского народа, объединенного целью достижения совершенства, который представлен выражением all men are created equal. Последняя процедура – экспликация значимости положения дана А. Линкольном в заключении данного отрывка.

Итак, из анализа данного аргументативного отрывка А. Линкольна мы определили, что для аргументации А. Линкольна характерно введение тезиса косвенными речевыми актами утверждения, предположения и др., ориентированными на картину мира и знания адресата и тип оценки – гомеостатическая, основанная на критериях достижения определенной цели. Оценочная позиция говорящего эксплицируется согласно канонам, присущим соответствующей эпохе. Такими критериями в аргументации А. Линкольна являются метафоры Библии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев А. П. Аргументация. Познание. Общение. М.: Изд. МГУ, 1984. 105 с.
2. R. D. Rieke, M. O. Sillars *Argumentation and the decision making process*. N-Y.: Macmillan Publishing Co., 1975. 321 p.
3. Баранов А. Н. Лингвистическая теория аргументации (Когнитивный подход): дис. ... д-ра филол. наук. М., 1990. 372 с.
4. Блэк М. Метафора//Теория метафоры. М.: Прогресс. С. 153-172
5. Вольф Е. М. Функциональная семантика оценки. М.: Едиториал УРСС, 2002. 280 с.

Колениченко В.В., магистрант
Белгородский государственный институт искусств и культуры

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-НРАВСТВЕННАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МВД

koleni4enko77@mail.ru

В данной статье автор стремился показать, что важнейшей составляющей профессиональной подготовки кадров МВД на всех образовательных ступенях является их профессионально-нравственная подготовка и в этой связи рассматривает важнейшие составляющие профессионально-нравственного потенциала, использование которого способствует повышению эффективности деятельности сотрудников МВД в защите интересов граждан Российской Федерации и государства в целом.

Ключевые слова: профессионально-нравственная подготовка, сотрудник МВД, профессионально-нравственный потенциал, образовательная среда вуза, кадровый состав, духовная безопасность, компетенции.

Одной из особенностей современного состояния системы органов внутренних дел России является многочисленные критические оценки обществом деятельности этой важнейшей структуры государства. В условиях собственно российской практики эта ситуация ставит в разряд актуальных проблему профессионально-нравственной подготовки кадров. По нашему глубокому убеждению, от ее своевременного, адекватного, грамотного решения зависит профессионально-компетентный уровень кадров МВД России, а, по большому счету, защита законных прав и интересов граждан РФ и государства.

В оценке Н.В. Ерошенкова, профессионально-нравственный потенциал образовательной среды МВД представлен как «ориентация профессиональной подготовки будущих полицейских на формирование у них нравственного сознания, опыта нравственных отношений и поведения» [1]. Логика изложения обозначенной проблемы подводит нас к необходимости рассмотреть эти понятия, составляющие важнейшие компоненты нравственного воспитания кадров – будущих специалистов системы МВД, в рамках которого (воспитания) формируется нравственное сознание личности, ее отношение к общественному долгу, к своим обязанностям [2].

В нравственном сознании как таковом интегрируются высшие нравственные ценности общества. Под ними понимаются:

- во-первых, достоинство личности (равно как и группы лиц, коллектива);
- во-вторых, ценностные представления, относящиеся к области морального сознания – моральные нормы, идеалы, принципы. Они имеют нередко моральную значимость – укрепляют (или наоборот – подрывают) устои общества, способствуют (или наоборот – противодействуют) общественному прогрессу.

Специфичность структуры нравственного сознания обусловлена составляющими его компонентами – такими, как идеалы, моральные нормы, нравственные ценности, моральная мотивация и др., которые, безусловно, в той или иной степени находят отражение в процессе профессиональной подготовки кадров МВД.

В этой связи считаем уместным подчеркнуть определяющую роль нравственного идеала, представляющего собой понятие нравственного сознания, в котором предъявляемые людям нравственные требования выражаются в виде образа нравственно совершенной личности, представления о человеке, воплотившем в себе наиболее высокие моральные качества [3]. Человек сам создает себе нравственный идеал человека, обладающего совокупностью высокоморальных черт и качеств личности. В этом контексте будет небезынтересно познакомиться с высказыванием на этот счет великого русского писателя Ф.М. Достоевского: «Нет заботы мучительней для человека, как, оставшись свободным, мучительно искать поскорей того, перед кем поклониться» [4].

Символы высокой нравственности всегда были у русского народа. Они всегда выражали неудовлетворенность людей бытующими в обществе моральными пороками, всегда воплощали в себе определенные исторические устремления людей. Совершив небольшой экскурс в отечественную историю, заметим: именно в России была предпринята попытка сделать реальностью «бродивший по Европе призрак коммунизма» – построить коммунизм с его вдохновенными лозунгами Свободы, Равенства, Братства, с его заманчивой идеей «Каждому – по потребности». Но, увы, поезд с фирменным названием «Коммунизм» так и не дошел до такой остановки.

Идеалы выводятся из реальной действительности: это значит, что они могут быть осу-

ществимыми или несбыточными в зависимости от того, насколько правильно и полно отражают действительность. Коммунистический идеал как образ самого гуманного и справедливого общества, установление которого должно было быть конечной целью моральной деятельности советских людей, при попытке воплотить его в практику оказался столь же утопичным, как и бесплодные фантазии Т. Кампанеллы и других социалистов-утопистов (напомним: слов «утопия» означает «место, которого нет»). Нравственный идеал указывает на конечную цель нравственного воспитания и самовоспитания человека, дает ему высший образец, к которому надо стремиться. Конечно, справедливым будет признать, что сам процесс реализации идеала на практике сопровождается неизбежным разочарованием, на что указывал еще классик немецкой философии И. Кант: «идеал - это недостижимый первообраз, который никогда не может стать действительностью» [5].

Говоря обыденным языком, идеалы – это недостижимые звезды. Однако, по нашему глубокому убеждению, они нужны, чтобы знать, к чему стремиться, куда идти дальше. Прогрессивные идеалы вдохновляют на изменение жизни общества в лучшую сторону и одновременно – на изменение человеком самого себя в лучшую сторону: самосовершенствование, самоутверждение, самореализацию и, говоря высоким стилем, даже на самопожертвование (к слову, об этом свидетельствует множество примеров милиционеров и полицейских России, совершивших подвиги при исполнении своего профессионального долга).

Таким образом, изложенные выше наши рассуждения об идеале вообще логически подвели нас к очевидному выводу: они органично вписываются в контекст рассматриваемой нами проблемы профессионально-нравственной подготовки кадров МВД Российской Федерации. С каких бы позиций мы ни подходили к совершенствованию путей, средств, методов повышения качества будущих специалистов Министерства внутренних дел, решающим фактором всегда будет сам человек, его нравственный облик. Перефразируя другого немецкого философа Л. Фейербаха, можно сказать так: наш идеал – это не лишенное телесности, отвлеченное существо, а цельная личность, которая не просто руководствуется моральными нормами, определяющими поведение людей в повседневных жизненных ситуациях, а личность, ориентированная на такие конкретные дела во благо общества, в ходе которых проявляются лучшие человеческие, моральные качества.

Так, Е.Н. Щеголихин называет в ряду лучших личностных качеств сотрудников МВД такие, как безукоризненное выполнение требования присяги как первостепенной важности долга по защите интересов своих сограждан и Российского государства в целом, справедливость, честность и неподкупность, смелость и решительность в борьбе с преступностью, доброжелательность, сочувствие (сострадание) попавшим в беду гражданам, беспристрастность при выяснении виновных-невиновных в ходе расследования того или иного происшествия [6]. Вне всякого сомнения, на любой ступени любого образовательного учреждения МВД уровень совокупности таких качества будущих сотрудников этой сферы является одним из важных факторов успешности их профессионального становления.

В продолжение этой мысли можно сказать, что само наше общество заинтересовано в формировании личности сотрудника МВД, органично сочетающей в себе высокий профессионализм и столь же высокие моральные качества – качества, которые бы обеспечивали личную комфортность данного сотрудника и комфортность общества в целом и каждого его члена. В этой связи напрашивается следующий вывод: такой идеал как должное всегда находится в пространстве будущего, лежит за пределами настоящего и не может в исчерпывающем виде перейти в настоящее и воплотиться в нем. Он по-своему требует от нас отказаться от инфантильного подхода к нему как к конечной точке движения в пространстве сегодняшнего дня. И это справедливо, равно как справедливо и то, что в нем уже априори содержится моральное требование, чтобы «нечто было осуществлено». С этической точки зрения нашего общества это «нечто»

С учетом сказанного выше, подчеркнем очевидное: идеал одновременно выступает и как конечная цель моральной деятельности людей, и как основа критической оценки существующей действительности – устанавливает ее соответствие (или же несоответствие) стремлениям людей. Вот именно эта, ценностная сторона нравственного сознания, выражающая деятельно-заинтересованное отношение людей к миру, послужила причиной того, что мораль в истории философии называли «практическим сознанием». И потому, как справедливо отмечают исследователи, для того, чтобы идеал мог быть претворен в сущем, необходимо включить индивида в такие виды деятельности, посредством которой осуществляется его становление и самоутверждение как личности и гражданина [7]. В контексте темы нашего исследования будет

вполне справедливым сказать, что сотрудники полиции в процессе оперативно-служебной деятельности попадают в такие сложные ситуации, где не только проверяется уровень их нравственного сознания, но и формируются такие профессионально-значимые качества, удовлетворяющие ожидания нашего общества. К сказанному выше можно добавить, что одним из элементов, входящих в структуру нравственного сознания, является моральная мотивация поступка, мотив как субъективно-внутреннее побуждение к действию, осознанная заинтересованность в его совершении. По вопросу о подлинно нравственном содержании мотива в теории этики имеются самые различные суждения, поскольку поведение и мотив являются неотъемлемой составляющей общепринятых норм морали, для сотрудника органов внутренних дел таким мотивом может выступать прежде всего его сознательное служение интересам общества при доминирующей роли личной сознательности как регулятора нравственного поведения.

Таким образом, мы в своих рассуждениях подошли к тому, чтобы сделать следующее обобщение.

Степень овладения курсантами и слушателями образовательных учреждений МВД совокупностью элементов, составляющих профессионально-нравственный потенциал учебной, воспитательной, развивающей, научно-исследовательской работы в образовательном пространстве системы, есть показатель их нравственной культуры. В дальнейшем нравственная культура сотрудников органов внутренних дел станет важнейшим показателем того, насколько глубоко и органично требования нравственно-

сти, формируемые в процессе их профессиональной подготовки, воплотились в оперативно-служебной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерошенков Н.В. Образовательная среда вуза МВД России в профессионально-нравственной подготовке будущих специалистов // Современные исследования социальных проблем. № 11. 2012. С. 110. С. 109-113.
2. Смирнов С.Д. Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности. М., 1995. 271 с.
3. Энциклопедия профессионального образования: В 3 т. / Науч. ред. С.Я. Батышев. М., 1998. Т. 1. 1999. – С. 211.
4. Достоевский Ф.М.. Соч. в двух томах . Т. I. - М.: «Правда», 1984. 608 с.
5. Кант И. Основы метафизики нравственности // Сочинения: в 6 т. М.: Т. 3 1964. 340 с.
6. Щеголихин Е. Н. Компетентностный подход к процессу профессиональной самореализации будущих сотрудников полиции в образовательной среде вузов МВД России // «Педагогические и психологические науки: актуальные вопросы»: материалы международной заочной научно-практической конференции. (31 октября 2012 г.) – Новосибирск, 2012. С. 43. – С. 42-46.
7. Чебыкин А.Я. Проблемы психологической устойчивости профессиональной деятельности. - Одесса, 1985 // Психологический журнал. 1986. Т.7. № 2. С.163-165.

Чавыкина Ю.О., аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

О ЗНАНИИ СОВЕТСКОЙ ЛЕКСИКИ СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЕЖЬЮ

chavykina.jul@yandex.ru

Данная статья посвящена анализу некоторых изменений в словарном составе русского языка нового времени. Автор уделяет особое внимание рассмотрению новейших языковых процессов – неологизации и пассивизации, а также обращается к социологическому и историко-культурному контекстам. Особое место занимает экспериментальное подтверждение фактов архаизации актуальной лексики советского периода – советизмов. Их переход в пассивный запас лексического фонда языка происходит неравномерно относительно различных групп носителей языка при воздействии на этот процесс самых разных факторов, но прежде всего с учетом возраста и сформированной индивидуальной картины мира у различных социальных групп населения. Это продиктовано необходимостью изучения того, как изменения в семантике и прагматике подобных слов фиксируются общественным сознанием народа и индивидуальным сознанием представителей современной молодежи. Статья адресована преподавателям общеобразовательных и профессиональных средних и высших учебных учреждений.

Ключевые слова: русский язык, лексика, лексикография, семантика, прагматика, социокультурные факторы, эксперимент.

Современный русский язык представляет собой динамически развивающуюся систему, в которой все составляющие элементы взаимосвязаны. Говоря о том, что в языке сегодня происходят какие-либо изменения, необходимо отдавать себе отчет в том, что причины этих изменений не всегда лежат в области внутренних законов развития самого языка. Так, характеризуя современное состояние лексики, следует отметить, что предпосылки большинства семантических процессов имеют внелингвистическую природу, иными словами, находятся в тесной связи с историко-культурной, социально-политической и экономической ситуацией в жизни общества.

Объектом нашего исследования являются процессы архаизации актуальной лексики советского периода – советизмов. Их переход в пассивный запас лексического фонда языка происходит неравномерно относительно различных групп носителей языка при воздействии на этот процесс самых разных факторов, но прежде всего с учетом возраста и сформированной индивидуальной картины мира у различных социальных групп населения.

В любом научном исследовании особую значимость приобретает проверка гипотез практикой. Л. В. Щерба справедливо указывал на тот факт, что при изучении живых языков проведение эксперимента исключительно важно, поскольку, построив из данных словарей «некую отвлеченную систему, необходимо проверять ее на фактах, то есть смотреть, отвечают ли выводимые из нее факты действительности» [7, с. 31-32].

При изучении уходящей из активного употребления лексики проведение эксперимента тоже важно: мы не можем установить факт деактуализации той или иной лексемы, основываясь лишь на данных современных словарей, не апеллируя к «живой» речи. Это продиктовано необходимостью изучения того, как изменения в семантике и прагматике подобных слов фиксируются общественным сознанием народа и индивидуальным сознанием носителей языка. При таком подходе мы ставим перед собой задачу установить и степень забвения советизмов разными социогруппами.

В проведении эксперимента по исследованию степени забвения некоторых деактуализированных лексем советского времени мы опирались на методику лингвистического анкетирования [2, с. 4]. Главной целью эксперимента для нас было изучение отражения в обыденном сознании носителей языка семантики и прагматики отобранных нами лексем.

Эксперимент проводился в форме группового анкетирования. В роли информантов выступили 153 человека от 15 до 35 лет, все они жители города Белгорода и Белгородской области. В исследовании были задействованы учащиеся старших классов средних школ г. Белгорода, студенты первого и второго курсов очного и заочного отделений историко-филологического факультета Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ»).

Суть эксперимента в следующем. Респондентам было предложено записать все известные им значения нами подобранных слов-стимулов. Разумеется, в рамках одного экспери-

мента не представляется возможным исследовать весь корпус наблюдаемой лексики, поэтому нами была произведена выборка слов, которые, на наш взгляд, можно считать диагностирующими. Предлагаемый учащимся и студентам список слов-стимулов состоял из девяти единиц и включал в себя следующие лексемы: *вредитель, диссидент, империалист, осведомитель, летун, несун, лишенец, оппортунист, тунеядец*. В ответах на вопросы испытуемые должны были опираться только на собственный языковой опыт, не задумываясь надолго и не обращаясь за ответом к словарям или другим источникам. Анкетирование проводилось в письменном виде анонимно с указанием пола и возраста опрашиваемого. Время выполнения задания было условно ограничено 25 минутами.

От информантов был получен разнообразный языковой материал (более 1000 ответов). Дадим краткую характеристику восприятию вышеперечисленных лексем нашими информантами.

66% респондентов определили слово *вредитель* следующим образом: «тот, кто приносит, причиняет моральный или физический вред; вредит кому-, чему-либо». Вторым по популярности стал ответ «насекомое, паразит, жук огородный, колорадский». Ни одна реакция не совпала с дефиницией «Контрреволюционер, наносящий советскому государству экономический и политический вред с целью подорвать его мощь и подготовить антисоветскую интервенцию» (ТСУ), что подтверждает факт «ухода» данного лексико-семантического варианта из активного словоупотребления в речи молодых людей.

На слово-стимул *диссидент* отреагировали 33% респондентов, из них 21% определили его как «предатель, отступник». Следующим по популярности стал ответ «инакомыслящий» (16% респондентов). Интересным, на наш взгляд, является тот факт, что у некоторых опрошенных слово *диссидент* вызвало реакции, напрямую связанные с историко-культурными периферийными семами, а именно: «враг государства, зараженный иностранными идеями» (16%), «скрывается от власти», «выслан из страны», «иммигрировавший» (все по 5%). Это является верным доказательством того, что после распада СССР в 1991 году первичное значение «Лицо, принадлежащее не к тому вероисповеданию, которое господствует в стране» (ТСУ) перестало быть «идеологическим камуфляжем», а на фоне повышенного интереса к политическим просчетам и преступлениям большевиков и вовсе отошла на второй план в сознании носителей языка, хотя до сих пор фиксируется в современных

словарях «Рел. Верующий, отступающий от официального религиозного учения или не подчиняющийся церковной дисциплине» (ТСРЯ XXI).

Интересно, что в современном российском обществе наблюдается, можно сказать, болезненный, ностальгический интерес к истории советского периода, горячо поддерживаемый средствами массовой информации. С учетом этого примечательны некоторые конкретные случаи употребления в сети Интернет слова *диссидент* с ошибкой («дисидент», «дисидентки»), что само по себе является свидетельством расхождения между подлинным проявлением интереса к истории своей страны и неглубоким пониманием ее процессов. Слова, подобные рассматриваемому нами, продолжают употребляться в определенных контекстах, поэтому называть их деактуализированными в полной мере было бы ошибочно. В то же время они уже не имеют того объема значений, который был свойственен им 50 лет назад, что подтверждается сравнением словарных дефиниций досоветского, советского и постсоветского времени.

Как показали результаты проведенного эксперимента, слова-стимулы *империалист* и *осведомитель* вызвали у респондентов различные реакции непрямого и обобщенного характера. Половина опрошенных считает, что *империалист* – это «приверженец империи», 13% указали, что это «политический деятель». Появление данных реакций, вероятно, связано с установлением в сознании говорящих оппозиционных связей *империалист* – *республиканец* – *демократ* и т. п. Первая лексема оказалась ассоциативно связана с монархическим политическим строем: 25% респондентов уверены, что *империалист* – это «царь, император, у которого вся власть в одних руках». В советское время это слово употреблялось в значении «Политический или общественный деятель, ведущий политику империализма» (ТСУ), а лексема *империализм*, в свою очередь, имела следующую дефиницию в словарях советского времени: «Капитализм на той стадии развития, когда сложилось господство монополий и финансового капитала, начался раздел мира международными трестами и закончился раздел всей территории земли крупнейшими капиталистическими странами (определение В.И. Ленина)» (ТСУ). Лишь 8% реакций подтвердили наличие в языковом сознании носителей языка советского идеологического компонента «капиталист».

Самыми частотными реакциями на стимул *осведомитель* стали определения «тот, кто общается, осведомляет кого-либо о чем-либо» и «информатор, распространяет, рассказывает,

передает информацию другим» (41% и 21% соответственно). Реакция «доносчик, стукач» выявлена лишь в 14% случаев. Интересно, что 8% респондентов связали значение данного слова со значением лексем *ознакомитель*, *консультант*. Этот факт говорит о смешении в сознании говорящих смысловой структуры двух различных по значению глаголов *осведомлять* – «сообщать сведения, известить» (ТСУ) и *ознакомлять* – «сообщить сведения, дать некоторые знания» (ТСУ). Несомненно, лексические значения указанных слов совпадают в ядерной зоне своих смысловых структур, но ближе к периферии таких структур они расходятся, что проявляется в тончайших оттенках смысла и разном культурно-историческом наполнении прагматического содержания слов.

Аналогичный процесс выявляется при исследовании отражения в бытовом сознании семантики и прагматики слов *летун* и *несун*. В советские годы обе рассматриваемые лексемы имели резко отрицательную коннотацию. Так, в ТСУ слово *летун* имеет значение «перен. Рабочий или служащий, часто меняющий места работы, переходящий с одного производства на другое в погоне за большим заработком (нов. *неодобрит.*)». *Несунами* в Советском Союзе также неодобрительно называли людей, «совершающих мелкие хищения с места работы» (ТСРЯ XX). Большинство респондентов дали ответ обобщенного и неопределенного содержания на указанные слова-стимулы: *летун* – «кто-то или что-то летающее; летает, осуществляет полет» (55%), *несун* – «тот, кто что-то несет, носит» (58%). Остальные выявленные реакции представляют большой интерес для исследований в области психосемантики, поскольку они связаны с таким мыслительным феноменом как «внутренняя форма слова» (по А.А.Потебне, «внутренняя форма слова» – это смысл, унаследованный производным словом от производящего). Слова *летун* и *несун* вызвали в сознании опрошенных целый ряд ассоциаций, основанных на основе их внутренней формы. Так, лексема *летун* определялась как «летчик» (13%), «птица» (8%). 18% реакций оказались единичными: «самолет», «летучая мышь», «насекомое», «белка», «взбалмошный человек», «неуклюжий человек», «человек, который постоянно где-то летает». На стимул *несун* наблюдались следующие реакции: «грузчик, переносит грузы, вещи, предметы; сумку, багаж» (16%), «несет информацию», «курица – яйца несет» (5%). Единичные ответы: «аист», «нечестный человек», «несет на себе все тяготы жизни», «помощник». Таким образом, можно сделать вывод, что коннотативно-идеологическое приращение у слов

летун и *несун* фактически «стерлось» из генетической памяти молодых людей от 15 до 35 лет, а, возможно, знания подлинных значений этих слов и вовсе не было изначально в их словарном запасе и языковой компетенции. Поэтому в языковом сознании испытуемых по большей части возникают лишь те ассоциации, которые связаны с внутренней формой данных слов: *летун* ← *летать* и *несун* ← *нести*.

Анализ полученных результатов показал, что наличие сильной степени влияния внутренней формы слова на семантизацию слова-стимула характерно для всех реципиентов данного эксперимента. Так, слово-стимул *лишинец*: 27% опрошенных определили его так: «человек, лишенный имущества, свободы, возможностей, своего мнения». Вряд ли в этом случае можно говорить о знании советского значения «человек, лишенный избирательных и других гражданских прав в связи с принадлежностью к эксплуататорскому классу» (МАС-3) в чистом виде, так как речевые штампы официальной советской пропаганды (*эксплуататорский класс*, *рабочий класс*), вероятно, малоактивны в сознании молодых людей XXI века. В общем и целом можно говорить лишь о том, что в сознании русскоговорящих россиян могли остаться «осколки» коннотативно-идеологического приращения в словах-советизмах, и эти «осколки» актуализируются лишь при поддержке внутренней формы слова.

Для слова *оппортунист* было получено всего 8 определений, поскольку основная часть реципиентов написала возле него фразу «не знаю значения этого слова». Совершенно неожиданным для нас оказалось сохранение в языковом сознании значения этого слова, зафиксированное в ТСУ – «беспринципный человек» (25%). Конечно, доля подобных реакций невелика, но факт их существования доказывает, насколько прочно коммунистическая пропаганда проникла в сознание людей и насколько сложно и болезненно на самом деле протекает процесс утраты идеологических наслоений в семантике слов-советизмов. Остальные же реакции строятся на самых различных предположениях, включая и фонетическое сходство: *оппортунист* – тот, кто «следит за портом», «работает с аппаратами», «находится в апартаментах» (все по 5% и все такие ответы обусловлены влиянием звуковой оболочки слова и частично ложно осмысленной внутренней формой слова). Принимая во внимание столь малое количество реакций, можно сделать вывод об уходе лексемы *оппортунист* из активного словарного состава. Это подтверждают и грамматические ошибки,

допущенные респондентами в слове *оппортунист*: «*аппартунист*», «*апортунист*» и др.

Самый высокий процент реакций (98%) наблюдается у слова *тунеядец*. Половина респондентов указала, что *тунеядец* – «лентяй, ленивый человек, лодырь; бездельник», который «ничего не делает», а также «не работает, отлынивает от работы, уклоняется от труда» (25%), «живет за счет других, за чужой счет, на попечении кого-либо; нахлебник, иждивенец» (15%). Полученные результаты позволяют нам сделать вывод, что у данной лексики имеется самый высокий процент тождества с дефинициями, приведенными в словарях советского времени: *тунеядец* – «Человек, живущий на чужой счет, чужим трудом, бездельник, паразит, дармоед» (ТСУ).

Анализ результатов анкетирования доказывает, что процесс ухода слова не протекает в языке гладко, а отказ от «идеологической надстройки» происходит постепенно, вероятно, в несколько стадий. Судя по довольно высокой частотности некоторых реакций, можно сделать вывод, что некоторые номинации советской эпохи имеют потенциальную возможность просуществовать в речи россиян еще долгое время. Эксперимент показал, что процесс устаревания в среде деактуализированных лексем протекает по-разному, степень забвения у всех слов разнится от практически полного (например, *летун, несун, оппортунист*) до слабого (например, *тунеядец*).

Рассуждая о причинах этого явления, мы склонны видеть их источник во внутренних механизмах самого языка, подразумевая, что процесс регулирования степени забвения происходит в языке сам собой и не осознается носителями языка как таковой. В огромном массиве уходящей лексики, безусловно, есть обозначения жизненных реалий настолько меткие, носящие «вневременной» характер, что язык не спешит отказываться от них. Результаты проведенного эксперимента, с нашей точки зрения, подтверждают этот тезис. Ввиду этого перед лексикографами появилась необходимость создания словарей и справочников, которые наиболее полно отражали бы состояние лексической системы русского языка последнего десятилетия. Это вызвано, по нашему мнению, не только подвижным характером самой лексики, но и некоторыми историко-культурными факторами, а именно постепенным «стиранием» из генетической памяти народа многих слов, отражающих реалии отечественной истории, в том числе и её советского времени. Следствием этого может стать отдаленность классического наследия ли-

тературы и публицистики предшествующих периодов духовной культуры россиян.

Чтобы избежать этого, необходимо знать и понимать прошлое нашей страны. В лингвистической науке широкое распространение получила точка зрения, согласно которой проникнуть в мировоззренческую систему прошлых лет можно через изучение языка конкретной эпохи. Эту важную мысль высказал еще академик В. В. Виноградов, который писал по этому поводу следующее: «Формы мировоззрений также эволюционируют, и едва ли воспроизведение идеологических систем прошлого возможно без помощи лингвистического анализа» [1, с. 6]. Данное утверждение, по нашему мнению, является абсолютно справедливым, так как объективное знание возможно лишь при глубоком, комплексном подходе к историческим процессам, служащим ключом к определению национальной идентичности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов, В. В. Слово как предмет историко-лексикологического исследования // Вопросы языкознания. 1995. № 1. С. 5-34.
2. Левицкий В. В., Стернин И. А. Экспериментальные методы в семасиологии. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1989. 193 с.
3. МАС-3 – Словарь русского языка / Под ред. А. П. Евгеньевой; в 4-х т.; АН СССР, Институт русского языка. 3-е изд., стереотип. М.: Русский язык, 1985 1988.
4. ТСРЯ XX – Толковый словарь русского языка конца XX века. Языковые изменения / Под ред. Г. Н. Складневской. СПб.: Фолио-Пресс, 1998.
5. ТСРЯ XXI – Толковый словарь русского языка начала XXI века. Актуальная лексика / под ред. Г. Н. Складневской. М.: Эксмо, 2007.
6. ТСУ – Толковый словарь русского языка / под ред. проф. Д. Н. Ушакова; т. 1 – 4. – М.: Гос. изд-во иностр. и нац. словарей, 1935 1940.
7. Щерба Л. В. О тройном аспекте языковых явлений и об эксперименте в языкознании // Языковая система и речевая деятельность. Л.: Наука, 1974. С. 24 – 39.

Липич Т.И., д-р филос. наук, доц.,
Белозерских С.Н., аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ФЕНОМЕН СТАРОСТИ В ПРАВОСЛАВНОЙ ТРАДИЦИИ

belozerskih09@yandex.ru

Статья посвящена анализу феномена старости и специфике его осмысления с точки зрения православного учения, раскрытию содержания и значения данного возрастного периода в жизни православного человека.

Ключевые слова: старость, старение, православие, христианство.

В каждой новой системе социокультурных ценностей складывается свой образ старости, который становится важным жизнерегулирующим фактором нескольких поколений. Исследование древнеславянского, а затем христианского (представленного православием) образов старости показывает, что они по-прежнему оказывают существенное влияние на формирование парадигм старости в современной России. При этом если древнеславянский образ старости представлял собой сложную и амбивалентную ценностную категорию, связанную с мудростью и изменением системы ценностей, которой человек был привержен в юности, то с приходом христианства произошло закрепление однозначно высокого ценностного статуса старости в обществе, образ которой перестал быть безличностным и обрел личностное измерение. Христианское мировидение открыло в ней символику противоречия вечного в преходящем и преходящего в вечном, сосредоточив в ней все величие приуготовления к свершению плана неизреченной мудрости [1]. Христианство поместило старость в духовное пространство веры, облачив ее в символику формулы Священного Писания: «Венец стариков – сыновья сыновей, и слава детей – родители их» (Притч. 17, 6).

Таким образом, специфика отношения к человеческой старости, привнесенного православием в нашу культуру, заключается в поддержании ее высокого ценностного статуса в обществе. Более того, по мнению Н.А. Рыбаковой, православная ветвь христианства, исповедующая путь синергии, соработничества человека и Бога, в целом, представляет собой ориентацию на старое и на старость как Божественную полноту бытия, у которой нет недостатков, что в полной мере относится и к немощам старческого возраста и к одиночеству, сопровождающему его. Немощи посылаются человеку для того, чтобы в нем ослабла склонность к расслабляющим душу удовольствиям, чтобы он сосредоточил внимание на своей душе и искал удовольствия в ее общении с Богом. Даже самая трагичная утрата в итоге оборачивается ценным приобретением, так как может без любых логи-

ческих убеждений и доказательств привести атеиста к Богу, а верующего к смирению – одной из величайших добродетелей. Одиночество же рассматривается как присущее человеческой природе состояние, которое является естественным и обязательным для развития, чрезвычайно «питательным» для души, поскольку только так, наедине с собой, человек может по-настоящему серьезно задуматься над вечными вопросами. Утверждается, что в такие минуты любой человек способен осознать дарованные ему свободу и право беседовать с Богом, почувствовать Его присутствие и в полной мере понять, что Он, находясь все время рядом, никогда не покидал его [2].

Поскольку, с православной точки зрения, старость предусмотрена в проекте Создателя, постольку она имеет свое особое предназначение и, следовательно, не может представлять собой простой тягостный придаток предыдущих жизненных этапов. Она рассматривается как благословение или милость Божия не только для благочестивых и добродетельных, но и для равнодушных к своему спасению [3]. Если первым эта милость дается в награду за благочестие и добродетели, то вторым в поощрение к покаянию и исправлению.

В православии старость – это состояние человека, полное метафизического значения. Ее обыденное восприятие как слабости и упадка здесь оказывается перевернутым, и она приобретает значение духовного ориентира, который явственно свидетельствует о реальности вечности: «Старец представляет связь между происшествиями настоящими и будущими, он есть соединительная точка между вещами тленными и вечностью, и можно уверенно сказать, что одно время образует ум человеческий, равно как оно же произрастает его плоды, которые вкусны бывают только в совершенной зрелости», – пишет Платон, митрополит Московский [4]. Здесь преодолевается языческая однозначность социального приоритета молодых людей, совершающих дела, которые не под силу старикам. Напротив, последние наделяются своими особыми функциями и ролями, прерогатива выпол-

нять которые принадлежит только им: «Бог дает заветы человеку, а старшие, передавая младшим, наполняют их опытом сердца, испытанием собственного духа» [5]. Таким образом, мудрость стариков оказывается не менее значимой, чем сила молодости: «Слава юношей – сила их, а украшение стариков – седина» (Притч. 20, 29). Слово «седина» здесь выступает в качестве синонима разума и мудрости.

С точки зрения православной этики, человек сотворен Богом, чтобы прожить все фазы жизни, которую условно можно разделить на две половины:

- первую, которая главным образом ориентирована на выполнение функций, связанных с природой и телесностью. Она протекает преимущественно на работе, с друзьями. Другими словами, на этом этапе человек в основном направлен на общение с внешним миром;

- вторую, развивающуюся непосредственно в душе без чьей-либо активной помощи; ее цель – созидание внутреннего человека, неповторимой личности, что гораздо труднее, чем выполнить задачи предыдущего жизненного этапа.

Старость наступает именно во второй половине жизни, когда задачи плоти уже реализованы и наступает качественно иной этап созревания личности, поиска истины, формирования убеждений и утверждения собственной идентичности. Поэтому, старость, согласно библейским текстам, определяется не иначе как зрелость, как исчерпанность меры человеческой жизни, данной человеку Богом, а состоявшаяся жизнь обозначается словами «престарелый и насыщенный жизнью» (например, Быт 25.8; Быт 35.29; 1 Пар 23.1).

Однако, поскольку в жизни человека сочетаются телесное и духовное, постольку мы можем говорить о «плотской» и «духовной» старости. Отличие этих двух типов заключается в том, что плотская старость, если преждевременно не прервется жизнь, «наступит как бы сама собой», это лишь дело времени. Старость духовная предполагает усилие человека, к ней нет жестко детерминированного поступательного движения. Она не зависит от хронологического времени и реального, то есть явно физиологически выраженного возраста старости, хотя и требует определенной возрастной меры, как нельзя, например, быть старцем в детском возрасте [5]. То есть в телесной жизни человек достигает старости «по уставу естества». Дело же духовного возрастания Бог предоставил свободному произволению человека через труд и подвиг.

Очевидно, между этими типами старости существует определенное противоречие, опирающееся на утверждение: «Плоть желает противного духу, а дух – противного плоти: они друг другу противятся...» (Гал. 5, 17). Но его нельзя абсолютизировать, так как онтологическое выпадение или изъятие одного из элементов означает разрушение и отрицание целостности человеческой природы. Кроме того, по апостолу, «если внешний наш человек и тлеет, то внутренний со дня на день обновляется» (2 Кор. 4, 16). Утрата телесной свободы дарует иную свободу – независимость, самостоятельность мышления, позволяющую человеку оставаться непоколебимым в своих нравственных убеждениях несмотря на окружение, в котором он находится. Также немощь помогает понять чужую боль, учит ценить внимание и заботу, всякое добро и снисхождение.

Старость как завершающий этап человеческой жизни отождествляется в библейских текстах с понятием «преклонных лет», ключевым в значении которого является акцент на преклонении перед законом смерти: «Войдешь во гроб в зрелости, как укладываются снопы пшеницы в свое время» (Иов 5, 26). То есть в старости смерть перестает быть абстрактным понятием (в этом качестве она свойственна молодости) и становится внутренним переживанием, внутренним знанием, которое приходит постепенно не из вне, а изнутри. При этом в православии как бы исподволь виднеется антиномичность старости и смерти. Мы обнаруживаем, что на поверхности жизни старость представляется полнотой воплощенного в делах и чувствах времени, она есть нечто состоявшееся, определившее себя в этой жизни многими определениями, нечто, имеющее «социальный вес». Смерть же, во взгляде с той же поверхности жизни, есть уничтожение всякой полноты, всякого «веса», всякого значения [5]. Ее предтечами являются немощи старческого возраста, с помощью которых Господь громко напоминает человеку о близости смерти и о приготовлении к исходу в вечность.

Итак, именно в старости в полной мере достигается то самое смирение, к которому призывает православное учение. «Свое время и свое состояние планирую уже не сам... Возраст властно вошел в мою жизнь и учит меня полному послушанию его повелениям», – пишет архимандрит Иоанн (Крестьянкин) [2]. «Нет ничего сильнее старости», – утверждает свт. Григорий Богослов [6]. Старость смиряет. И это, как считают православные богословы, ее главный подвиг.

В связи с этим старость православного христианина представляет собой период времени, предназначенный для того, чтобы умиротвориться, успокоиться и без сожаления, осознанно уйти к Господу, очищая и облагораживая свою душу. Это время особой тишины, время излечения недугов человеческой души, подготовки к переходу в новую жизнь, начинающуюся после смерти, что в очередной раз подтверждает мысль о том, что старость – отнюдь не злая и неотвратимая участь. Она предназначена человеку промыслительно, у нее есть весомые преимущества перед другими возрастными периодами жизни человека: принятие естественного течения жизни, обретение покоя и безмятежности, преуспевание в добродетельной жизни, опытность, благоразумие. Если правильно относиться к своему старению, то этот период жизни становится завершающим периодом для воспитания характера и обогащения личности перед отходом души в Вечность.

Другая важная задача старости состоит в том, чтобы познать великую цель жизни, научиться любить: «Отошли в прошлое суетные заботы, иссякла энергия плоти, сведено до минимума общение с людьми, пора обратиться к смыслу бытия и уразуметь Истину... этот крест нести с достоинством, борясь с безнадежием, каждую новую боль принимая как повод для благодушного терпения, то есть терпения без стенаний и ропота, и радоваться избавлению от мира, от потопления в повседневности, когда, наконец, можешь, не отвлекаемый пустяками, лучше понять себя и сосредоточиться на главном» [2]. Иначе говоря, старость специально предназначена для покоя и созерцания, а самое большое ее преимущество состоит в духовной свободе, вместе с которой приходит безразличие ко многим вещам, казавшимся важными в предыдущие годы. С возрастом человек, все больше углубляясь внутрь себя, утверждает на позициях вечности.

Отсюда естественным образом вытекает библейское: «В старцах – мудрость, и в долголетних – разум» (Иов. 12:12). Следовательно, плод старости – мудрость. Почему? Потому что к старости человек обогащается не только знаниями, но и жизненным опытом. Мудрость, присущая старости, – благоразумие, то есть умение или искусство пользоваться жизнью ко благу собственному и своих близких и во славу Божию. Укрепленное годами оно имеет преимущество перед скороспелым благоразумием юноши, поскольку жить благоразумно учит сама жизнь. Однако в Библии есть и прямые предостережения от чрезмерной переоценки значимости жизненного опыта. Таким образом, хотя в

библейских текстах понятие «разум» и употребляется наряду с понятием «мудрость», тем не менее, они не тождественны: мудрость предполагает разум, но не исчерпывается им. Разум развивается через обучение и приобретается в опыте жизни. Мудрость же человек еще должен снискать, она нисходит на него из своего Первоисточника. Об этом не следует забывать и еще смолodu исполнять Его повеления, ведь именно праведнику Господь дарует вместе с приходом преклонных лет великую духовную силу и истинную мудрость.

Следовательно, старость – это мера духовного совершенства человека, «ибо не в долговечности честная старость, и не числом лет измеряется: мудрость есть седина для людей, и беспорочная жизнь – возраст старости» (Прем. 4, 8, 9). Поэтому душевный покой в старости или, наоборот, отчаяние – лишь результат соответствующим образом прожитых молодости и зрелости. Тихая и легкая старость ожидает лишь тех, кто жил праведно. Иначе говоря, благое долголетие выводится в первую очередь из нравственного поведения человека, а отнюдь не из правильных режимов питания и двигательной активности. Так, согласно Библии, первые люди жили не менее 900 лет. С накоплением в человечестве греха продолжительность жизни постепенно приблизилась к современной. Поэтому скорость старения, согласно православному учению, зависит от того, как люди мыслят и, соответственно, поступают.

Помимо всего прочего для православного христианина старость – это не просто один из этапов земной жизни человека. Для него она, прежде всего, представляет собой некий результат, меру достижения цели земной жизни, ее венец [7]. Это время подведения итогов прожитых лет, время осмысления пройденного пути, принятия его каким бы он ни был, без прикрас и оправданий, с осознанием своей личной ответственности за такое его состояние. Другими словами, старость есть ни что иное как последний шанс взглянуть на себя критически и добиться внутренней устойчивости. Именно в этом возрасте происходит, наконец, сочетание богатства внутреннего мира с жизненным опытом, что обеспечивает возможность взвешенного рассуждения о сложных и важных вопросах смысла не только собственного бытия, но и бытия других людей, а иногда и всего человечества в целом. Однако на этом духовная работа для пожилого человека не заканчивается, поскольку «в старости Господь даёт время приостановиться, оглянуться, задуматься, принести плоды покаяния, передать духовный опыт молодым,

наставить их на путь истины, дать им хороший пример своей жизни...» [8].

Следовательно, с точки зрения православной этики, в старости вместе с возможностью анализировать прожитые годы яснее открываются милость и любовь Божия, исповедуются былые ошибки, видение которых острее, чем в молодости. В связи с этим происходит лучшее познание и себя и Господа и как следствие приходит ясное осознание, что получаемые физические и духовные силы, – от Господа, желание трудиться для Бога, передавать другим накопленное духовное богатство. Как результат в человеке развивается благодарность за каждый новый прожитый день и час.

Кроме того в православной литературе неоднократно указывается еще одно преимущество старости перед другими возрастными периодами жизни: человек не только видит, кто он есть на самом деле, но и, наконец, может быть самим собой. Это становится возможным в результате того, что вольно или невольно происходит снижение значимости обеспечения соответствия проживаемой жизни общепринятым правилам и стандартам. Перспектив уже нет, поэтому нет и необходимости с кем-то соревноваться, что-то доказывать окружающим, кем-то казаться. Человек, наконец, может действительно в полной мере воспользоваться предоставленным ему временем, чтобы употребить его на исполнение задуманного, самовыражение, занятие любимым делом.

Таким образом, в старости для человека после многих дней труда, наступает «суббота покоя» – покоя от многих житейских забот, от страстей, которые зачастую к этому времени смиряются. Но здесь не может быть места праздности, поскольку она может стать отправной точкой любого греха. Поэтому уделом пожилого человека должна быть молитва и милостыня. Отсюда вытекает и соответствующая рекомендация пожилым людям посвятить остаток дней молитвенному ходатайству не только за себя, но и за своих близких, за весь мир [3]. Благодаря этому старость работает не только на личность, которая уже приблизилась к итогу своей жизни, она работает и на всех окружающих.

Еще одним проявлением высокой социально-этической оценки старости в православии выступает феномен старчества, который связан с духовным руководством со стороны опытного в аскетической практике старца новоначальным монахом или другими, менее опытными в делах веры людьми. Независимо от иерархического чина в структуре церкви старчеству негласно отводится самое высокое место, подразумеваю-

щее духовное совершенство. Конечно, сущность этого феномена выходит далеко за границы обыденных представлений о старости и старении. Однако почитание старцев Церковью, несомненно, указывает на значимую социальную роль и нравственную ценность старости и пожилых людей в структуре общества.

Нравственные нормы православного учения сдерживают и тенденцию отчуждения детей от престарелых родителей, отношения которых регулируются на основе пятой заповеди библейского Декалога: «Почитай отца твоего и мать твою, чтобы тебе было хорошо и чтобы продлились дни твои на земле, которую Господь, Бог твой, дает тебе» (Исх. 20, 12). Причем почитание родителей включает в себя многое, в том числе и долготерпеливую заботу о них в их болезнях и немощах, служение самым близким людям. Подобные тяготы забот о людях так же следует понимать как дар: «Истинно говорю вам: так как вы сделали это одному из сих братьев Моих меньших, то сделали Мне» (Мф. 25, 40). Наконец, в православии, опирающемся на ветхозаветные традиции, в целом резко осуждается пренебрежительное и неуважительное отношение к старикам. Библия называет подобное отношение наглостью, признаком строптивости и развращенности: «Народ наглый, который не уважит старца» (Втор. 25, 50). Есть и прямые указания о почитании пожилых людей: «Пред лицом седого вставай и почитай лице старца» (Лев. 19, 32). Для библейского сознания очевидна важная роль пожилых людей, необходимость проявления уважения к их сединам: без мудрости, которая хранится и передается стариками, обществу не выжить.

Таким образом, с точки зрения православия старость значима как в личностном, так и социальном плане. Для православного христианина это, прежде всего, особая милость, величайший дар Божий, к которому следует относиться с благоговением. Поддержание такого высокого ценностного статуса старости может быть объяснено сразу несколькими причинами. Во-первых, согласно православному учению, старость дается человеку как время для умиротворения и подготовки к осознанному переходу в новую жизнь, начинающуюся после смерти. Но это отнюдь не время страха и ожидания смерти, а время приготовления к встрече с Господом, возможность тесного соприкосновения с вечностью. Во-вторых, в силу накопленного опыта в этот период к человеку приходит более глубокое видение мира, а вместе с ним и лучшее понимание и себя и Господа, яснее открываются милость и любовь Божия. Пожилой человек делится полученным знанием с ближними и тем са-

мым способствует развитию и благополучию всего общества, обеспечивает его нравственную ориентацию. В-третьих, в старости человеку предоставляется не только исключительная возможность проанализировать прожитую жизнь, подвести ее итоги, исповедать былые ошибки, но и последний шанс на исполнение задуманного, самовыражение. Человек, наконец, может себе позволить быть самим собой. Кроме того, выражаясь словами С.А. Лишаева, если есть возраст, благоприятствующий богоборчеству, – отрочество, юность, то есть и возраст, располагающий к вере, – старость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбакова Н.А. Феномен старости. Москва-Псков: Изд-во ПОИПКРО, 2000. 169 с.
2. Игуменья Феофила (Лепешинская). Рифмуется с радостью: размышления о старости. М.: Патриаршее подворье храма-домового мц. Татианы при МГУ г. Москвы, 2012. 256 с.
3. Старость – дар Божий: слова утешения и наставления учителей церкви пожилым прихожанам православного храма / сост. монах Лазарь. М.: Русский хронограф, 2000. 95 с.
4. Силуянова И. Нет ничего сильнее старости [Электронный ресурс] // Интернет-журнал Сретенского монастыря. URL: <http://www.pravoslavie.ru/jurnal/society/starost.htm> (дата обращения: 23.06.2014).
5. Рыбакова Н.А. Проблема старости в европейской философии: от античности до современности. СПб.: Алетейя, 2006. 288 с.
6. Коскелло, А. На пороге вечности // Вода живая. 2010. № 8. С. 28-32.
7. Боцман Р. Духовные проблемы пожилых людей // Проблемы старости: духовные, медицинские и социальные аспекты. М.: Свято-Дмитриевское училище сестер милосердия, 2003. С. 53-92.
8. Оплетин Н. Старость – милость Божия // Алтайская Миссия. 2010. № 10. С. 22-23.
9. Ринекер Ф., Майер Г. Библийская Энциклопедия Брокгауза. М.: Христианское книжное издательство, 1999. 1088 с.
10. Лишаев С.А. Старое и ветхое: Опыт философского истолкования. СПб.: Алетейя, 2010. 208 с.

ANNOTATED CONTENTS

Gridchin A.M., Zolotykh S.N.

THE REVIEW OF DESIGNS FOR RAIL BASE HIGH-SPEED RAILWAY LINES

According to the strategy of innovative development of OJSC Russian Railways until 2015, one of the main directions is the development of high-speed traffic. In connection with intensive development of high-speed rail is currently in Russia acute problem of improving operational characteristics under-rail structures, as part of the reliable functioning of a modern transport system. Under-rail designs are the sleepers (wood, concrete, metal) most often. Considering pros and cons of different types of sleepers and climatic features of the country - reinforced concrete sleepers most popular type of under-rail structures in Russia. Life of concrete sleepers is 15 -17 now years instead of 50 projected. Destruction of the most susceptible areas design, which clearly traced the mutual influence of reinforcement and concrete. Many years of monitor the status of these structures have shown that the destruction of the calling process occurring within the body of the concrete.

Key words: concrete, high-speed movement, under-rail design, reinforced concrete sleepers, wooden sleepers, steel sleepers, the destruction of sleepers.

Perkova M.V., Rodyashina K.E.

REGIONAL PLANNING OF THE UK AT THE END OF XX - BEGINNING OF XIX CENTURIES

Since the beginning of the 90s. regional development has been one of the major problems for British government. The article discusses features of administrative-territorial division and spatial planning in England, Wales, Northern Ireland and Scotland at the end of XX - beginning of XIX centuries. The example of Birmingham's city-center reconstruction shows modern urban planning and formation of spatial strategies. City masterplan identifies six key areas of development: Liveable city, Connected city, Authentic city, Knowledge city, Creative city, Smart city. Thus, there is a formation of further ways of development for each of seven sectors of urban core and placing an enterprise of economical and cultural activities.

Key words: spatial planning, regional development, administrative-territorial division, spatial strategy, masterplan.

Minko V.A., Feoktistov A.Y., Gun'ko I.V., Elistratova Y.V., Tarasenko N.V., Tkach L.V.

CLASSIFICATION AND EFFECTIVENESS OF METHODS OF CONTROL OF SCALE FORMATION IN HEATING SYSTEMS

Considered the main methods used in practice for combating scaling in heating systems. Made classification of methods according to various criteria. Based on the results of the practical application of antiscaling methods identified the most technically efficient. Determined the economic effect of the most effective methods scale events. The proposed optimal methods and combinations of methods scale measures for heating systems, with different lifetimes.

Key words scaling in heating systems, scale of activities, the most effective methods, classification scale methods.

Selitskaya N.V., Dukhovny G.S., Yadykina V.V.

RESEARCH OF PHYSICOMECHANICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF EMULSION MASTIC ON THE BASIS OF THE NANOSTRUCTURED COMPOSITE ORGANOMINERALNY KNITTING

In the conditions of the market relations one of criteria of successful functioning of branch of transport construction is receiving good-quality result of construction that is reached at implementation of continuous and continuous quality control of works. It staticizes a problem of creation of monitoring of technological processes which arises on design stages and investments of construction works. It is explained by that the expenses connected with elimination of the marriage found during operation often considerably exceed costs of construction of object that is inadmissible. The factor of preservation of durability and durability of constructions in general, and transport – in particular is especially important. It depends on quality of a waterproofing at all not to a lesser extent, than on quality of the bearing designs because isn't present at transport constructions of more dangerous enemy, than water. And it is fair for any designs – as widely used ferroconcrete and metal, and almost not built today wooden and stone.

Key words: waterproofing, the composite knitting, technogenic raw materials, waste of wet magnetic separation.

Nelubova V.V., Kobzev V.A., Sivalneva M.N., Podgorniy I.I., Palshina Yu.V.

FEATURES OF NANOSTRUCTURED BINDER ACCORDING TO THE GENESIS OF RAW MATERIALS

The paper describes the features of nanostructured binder depending on the composition of raw materials. Reasonability of using rocks with aluminosilicate composition and crystalline and amorphous structure for production of nanostructured binder is shown. Physical and mechanical properties of binders depending on the genesis of raw materials are stated.

Key words: nanostructured binder, modifier, rheology, genesis, aluminosilicate, silicate.

Mamedov A.J.

METHOD OF CALCULATING ABSOLUTELY RIGID PRISMATIC DEEP PILES FORCED BY MUTUAL VERTICAL AND HORIZONTAL LOADS CONSIDERING FACE AND SIDE RESISTANCE OF GROUND

Basing on Fuss-Winkler's model characterized by parametrically non-linear changing of coefficient of ground rigidness along depth and Kulon's law of extreme resistance of ground to displacement they study calculation of absolutely rigid prismatic piles forced by mutual vertical and horizontal loads considering face and side resistance of ground. At a result, they found the values of bending moments, cross forces in any, cross-sections of absolutely rigid piles position of the point of zero displacement of piles as far as the surface of the base, offered formulas to calculate unknown initial parameters (y_0 and θ_0), extremal along loads.

Key words: ground, Kulon's law of extreme resistance of ground to movement; parametrically non-linear changing of coefficient of ground rigidness along depth; absolutely rigid prismatic pile, face and side resistance of ground, Fuss-Winkler's model.

Gandshuntsev M.I., Kondratenko V.E.

TECHNIQUE FOR SCAFFOLDING FORMWORK OF MONOLITHIC SLAB CALCULATION AND RESULTS OF APPLICATION

Currently in the process of designing a variety of public, residential buildings and other structures has been a consistent trend towards the use of reinforced concrete slabs for large size spanning, often with complex geometric shape. This paper attempts to create a methodology to make a methodology of estimation the optimality of scaffolding used in the manufacture of monolithic slabs, using the classical approaches of strength of materials and structural mechanics, in order to optimize the consumption of materials, identifying the real "steps" stands vertically and horizontally with the strength and stability requirements for such structures. The choice of paving means (mostly foreign producers) produced by different kinds of special catalogs and reference materials. In many cases, there is overrun of expensive import facilities for the production of forest under a monolithic slab formwork aforementioned structures associated with suboptimal steps forest stands horizontally and their isolation in the vertical direction.

Key words: Paving means, monolithic formwork, scaffolding step, specific load on the rack, load capacity per square meter, slab thickness

Zinkova V.A.

TOPOLOGY OPTIMIZATION OF METAL TRUSSES

They are rational arrangement of nodes and connecting in single articulates truss with a given load investigated. As an example, consider the six-panel truss with a horizontal bottom chord loaded on the upper belt. In addition to his seven policy nodes is set to eighth node on the symmetry axis, which determines the height of the truss. The variation of topology limited 22 nodes on the vertical lines that serve as the boundaries of the panels. In each panel we assume the presence of one of the upward (downward) cross stay. The optimization is based on the variation principle of structural synthesis. In the case of homogeneous linearly elastic material, the above optimality criterion is identical to the minimum potential energy of deformation and the amount of materiel volume on the truss. According to research there is a tendency of concentration of material in the loaded nodes and the identified design that is within the specified requirements effectively performs its own function.

Key words: topology design, single-span hinge truss, the optimality criterion.

Suleymanova L. A., Kara K.A., Malyukova M.V., Yadykina V.V.

NANOSCALE STRUCTURAL ORGANIZATION POLYFUNCTIONAL MATRIX BOARD CONCRETE PAVEMENT

Presented a comprehensive impact parameters vibropressing macro-, micro- and nanoscale structural organization of the multifunctional matrix slabs of concrete pavement. Using the mathematical apparatus, the optimal value of the length of the main vibration magnitude pressing pressure and time of application of the pressing pressure from the start of vibration and their influence on the performance properties of concrete paving slabs with multifunctional matrix.

Key words: vibropressing settings, plates Concrete Sidewalk, multifunctional matrix

Lukash A.A., Lukuttsova N.P.

THE THEORETICAL BASIS FOR IMPORT-SUBSTITUTING COMPETITIVE BUILDING MATERIALS FROM WOOD WITH IMPROVED PERFORMANCE

Theoretical basis for the creation of new building materials of wood, ensuring a comfortable stay. The methods of obtaining new environmentally friendly finishing and insulation-structural building materials and wood products with improved performance characteristics.

Key words: building materials, wood, substitution, performance, finishing materials, insulation materials, environmental safety

Sevostyanov V.S., Sivachenko T.L., Mikhajluchenko S.A.

TECHNOLOGICAL DEVICES WITH NEEDLE-MILLINGWORKING BODIES FOR COMPLEX PROCESSING OF COMPOSITE MATERIALS

The article describes the current state of engineering in the field of disintegrator processing of anisotropic composite materials. The authors detected the basic directions of development of technical means for their complex processing. Are proposed and described technological units with needle-millingworking bodies for grinding, dispersing and mechanical activation of materials with different properties. It is noted that grinding the end faces of anisotropic materials sets of rod elements with central compression energy more efficiently than their degradation between the flat surfaces. At the expert level assessed rational use and development potential of technological units with needle-millingworking bodies.

Key words: technological unit, needle-milling chopper, anisotropic materials, fracture, abrasion, cut

Smirnov D.V., Semikopenko I.A., Voronov V.P.

THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE MOTION VISCOUS FLUID IN A CURVED PIPE WITH CIRCULAR CROSS SECTION

Given the mathematical description of the motion viscous fluid in a curved pipe with circular cross section in the polar coordinate system. Defined by the projection of the velocity of airflow on the axis of the polar coordinate system. Constructed graphic changes depending on the initial value u_0 speed of airflow on the inlet to the curved pipe, depending on changes in its design parameters.

Key words: viscous fluid, curved pipe, air flow

Lozovaya S.Yu., Chemerichko G.I., Stovpenko A.S., Narizhnykh V.Yu.

THE INTENSIFICATION OF THE PROCESSES OF SEPARATION OF THE PULP IN THE DISK VACUUM FILTERS

Currently in the industry for the separation, purification and filtration of suspensions and pulps disk vacuum filters are used. Disadvantages of their design are low productivity, due to the separation of the pulp density and uneven distribution of the particles in the area of the trough.

The study of the movement of flow of the pulp in the trough of the filter is allowed to find its structural shortcomings and to suggest new designs of the filter, which will increase the efficiency of separation of solid and liquid components of the pulp, and consequently will improve productivity due to the elimination of stagnant zones and separation of the pulp. This is confirmed by the schemes of distribution of the pulp proposed in new variants of filter designs obtained in the simulation.

Key words: separation; disk vacuum filters; pulp; stagnant zones; solid and liquid components of the pulp

Bogdanov V.S., Fadin Y.M., Shaptala V.V., Gavrilenko A.V..**CALCULATION OF PARAMETERS OF THE FLUIDIZED BED IN THE PNEUMATIC CHAMBER PUMP**

The main condition for the process of transportation of bulk materials using pneumatic chamber pumps is the presence of a uniform fluidized bed, i.e. a two-phase medium consisting of transported material and the working agent is compressed air. It is necessary for the successful involvement of the transported material in the discharge pipe of the pneumatic chamber of the pump and to give speed dusty environment in the transported tract. When calculating the pneumatic transport should pay much more attention to forces acting on the fluid material, and at the speed that you want to give to the material at certain points in the process of fluidization. The article contains equations for calculating the minimum and maximum velocity of fluidization, and consider the forces acting on the material in the pneumatic chamber pump.

Keywords: pneumatic chamber pump, fluidization, fluidized bed, the speed of movement, speed of flow, two-phase medium.

Lamnauer N.Y.**CALCULATION OF GENERALISED INDICATOR OF QUALITY OF PARTS**

Improving the quality of engineering products is a pressing problem in today's market conditions. The main task of engineering technology, as a science, is to develop a theory of technological support and improve the quality of engineering products. High quality engineering products can be achieved through the use of new methods of quality management.

Article is devoted to the scientific and technical methods of quality management, which include probabilistic and statistical methods. These methods have a lot of popularity in assessing the quality of engineering products.

Studies have shown that the application of the proposed method of calculating of generalized indicator of quality parts using a discrete mixture of normalized asymptotic distributions of the smallest and largest values of the first type, gives a higher estimation accuracy compared with previous methods.

Key words: quality, management, part, assembly, probabilistic and statistical methods.

Shrubchenko I.V., Bogdanov V.S., Murygina L.V., Shchetinin N.A., Goncharenko M.S.**PROGRAM FOR THE SIMULATION OF SURFACE OF THE FLAP BANDAGE IN ITS RECONSTRUCTION IN TYPE WELD**

At the Department of Manufacturing Engineering BGTU. Shukhov developed technology involves the reconstruction of bands such as "P" - a type "B" on the spot of their operation. Such works will significantly reduce the cost of replacing tires.

The essence of the method - performance on the end surfaces of bandages special shaped annular grooves for subsequent connections to the body of the drum technology. Earlier studies have been conducted to determine the optimum shape them.

For the modeling capabilities of the manufacturing process of ring shaped grooves given shape was developed computer program.

This program allows you to create a chart of error depending on the angular position of the flap cutter for machining.

Key words: bandage, shaped annular grooves, flap, center less scheme, simulation processing.

Glagolev S. N., Sevostyanov V. S. A. Gridchin A. M., Troubaev P.A., Sevostyanov M.V., Koshchukov A. V.**THE THERMAL ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL LINE ON EXTRUDING AND DRYING OF TECHNOGENIC FIBROUS MATERIALS**

One of actual problems of modern production is the economy fuel energy resources at complex processing of various technogenic materials. Therefore the importance of creation of small low-tonnage technological complexes for production and processing of various materials of the construction industry it is very actual. Complex processing of raw and technogenic materials, and also creation of waste-free productions - one of the most important directions of development of various industries. Research associates of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov designed and made a low-tonnage technological complex for production granular. This complex is the innovative enterprise which makes the stabilizing additives for stone mastic asphalt. As a result of researches efficiency of use of the steam generator for moistening of material and use of cylinder-screw drying machine for drying granular.

Key words: low-tonnage technological complexes; technogenic materials; stabilizing additives, steam generator, cylinder-screw drying machine

Sharapov R.R., Prokopenko V.S., Sharapov R.R., Agarkov A.M.

MODELING OF THE SEPARATION PROCESS IN DYNAMIC SEPARATORS

The advantages of use closed circuit grinding cement clinker and additives into a ball mill shown. A mathematical model of the process separation of fine powders in view of the separation of air flow turbulence, allowing to investigate the separation process based on the fractional composition of the finished product presented.

Key words: separator, the separation efficiency, the boundary size, turbulent diffusion.

Velichko D.V., Magergut V.Z.

BUILDING A DETERMINATE AND STOCHASTIC DYNAMIC MODELS OF FOAM GLASS CHARGE HEATING PROCESS

The current task of mathematical modeling of temperature field distribution in crucible with foam glass charge is related with development of automated process control system of foam glass blocks production which provides increase in productivity of production and minimization of defective product percentage.

For optimization of control process it is necessary to solve external and internal problem of heat transfer. The obtained results can be used in algorithm selection and setting of the temperature control unit for tunnel kiln.

The aim of this work is building mathematical model which describes dynamic heat processes taking place in foam glass when heated to a temperature of foaming.

As a result of work done a variety of options for building models will be offered. Firstly, the determinate type which allows to predict the distribution of temperature field inside crucible with foam glass charge considering movement of interphase border. Secondly, the stochastic type which provides tracking dynamic processes of temperature distribution in different controlling points of crucible with foam glass charge and based on this to draw conclusions about moment of foaming.

Key words: determinate model, stochastic model, heat equation, empirical formulas, foam glass charge.

Lozovaya S.Yu., Lozovoy N.M.

TIME SIMULATION OF OCCURRENCE OF THE LIMIT STATE OF THE DEFORMABLE CHAMBERS OF GRINDING DEVICES

One of the promising directions in the development of technique and technologies of hyperfine grinding is the creation of devices, which are based on the principle of deformation of thin-walled elements, providing effective grinding, in which it would be possible to control the movement of the grinding media and to implement different types of loading of grinded material by selecting of the appropriate type and kind of deformation of the working chamber. In the mill with deformable grinding chamber the weakest element of the construction is the working chamber. It is made of wear-resistant corded rubber, so it is important to determine the time of the malfunction.

During the determining of wear rate the nominal contact pressure must be determined whereas the wear of the case, the grinding media occurs due to the introduction of particles in their material. Therefore, the path of friction depends only on the number of grinding media that come into contact with the inner surface of the case over time.

As a result the analytical expression it retrieved. It shows the relation between the operating time of the working chamber until the limiting condition from the geometrical and technological parameters of grinding, as well as from the physico-mechanical properties of the material.

Key words: principle of deformation of thin-walled elements, milling, grinding media, wear-resistant corded rubber, wear rate, friction path, time of operation.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Smirnov D.V.

TRANSITION'S CONDITIONS OF THE MATERIALS PARTICLES FROM THE GRINDING CHAMBER OF THE CAGE MILL TO THE RETURN PIPE

Given the mathematical description of the conditions transition of a particle of the material from the camera grinding of the cage mill in the return pipe. Defined the boundary size of the particles diameter that emerge in the return pipe from the boundary equilibrium path. Built graphics based on of the particles size than emerge in the return pipe from the technological and structural parameters of the grinding chamber.

Key words: transition condition, the return pipe, grinding chamber.

Shrubchenko I.V., Hurtasenko A.V., Timofeev S.P.

THE INFLUENCE OF FORM ERROR DETAILS SUPPORTS TECHNOLOGICAL DRUMS ON THE STRESS-STRAIN STATE OF THE STRUCTURE

The article presents research on the impact of error forms the base surfaces of the parts of the supports of the rotating units on their stress-strain state. The research was conducted using finite element modeling. Account was taken of the form error of bandages in cement kilns, the weight of the unit and loaded. The simulation results allow to predict the structural behavior, and to identify the factors affecting the precision machining of the surfaces of the parts of the supports using mobile equipment.

Key words: form error, finite element modeling, cement kiln, bandage, the stress-strain state

Sevostyanov M.V., Iyina T.N., Uvarov V.A., Shinkarev L.I.

METHODS OF COMPACTING TECHNOGENIC MATERIALS AND TECHNICAL FACILITIES FOR THEIR IMPLEMENTATION

The relevance of recycling technogenic dispersed materials by the compacting method has been confirmed. There were considered the unused reserves of agglomeration processes in technologies of pelletizing, extruding, briquetting and designs of conventional machines for implementing it.

There were designed resource-saving technologies and technical facilities to compact technogenic materials of various physical and chemical properties.

Key words: compacting, technogenic materials, vibrating centrifugal granulator, pressing-roller extruder, milling press.

Duyun T.A., Beshevli O.B.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON TEMPERATURE CONDITION AND THE RECEIVED QUALITY OF THE SURFACE WHEN MILLING BABBITS

Use of the large-size rotating units in the industry becomes possible thanks to rolling bearings of the considerable sizes in which materials with low coefficient of friction, such as babbitt are used. Babbitts at the heart of the consist of lead or tin and various impurity. Babbitts are used in a large number of products of the most various missions and the sizes, but to literature which is in a free access practically recommendations about the modes of processing of babbitts don't meet. For selection of the optimum modes of cutting and studying of influence of various factors on process of milling of babbitts of brands B 83 and B16 a series of experiments which showed strong dependence of quality of the processed surface on temperature in a cutting zone was carried out. Use of babbitts for inserts of bearings of sliding imposes rigid restrictions on quality of the processed surface which needs to be reached after processing.

Key words: babbitt machining; temperature in a cutting zone; dependence of a roughness on the cutting modes; the received quality when milling babbitt.

Uralskiy V.I., Rubanov V.G., Dubinin N.N., Stativko S.A.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRIM MECHANICAL SYSTEMS UNIT CENTRIFUGAL GRINDING

The paper presents the research and development to create an effective system of balancing linkage centrifugal grinding machine with automatic adjustment during the grinding process to the extent that the grinding load in the working chambers.

Keys words: grinding machine, linkage, balancing counterweight, the differential mechanism.

Perelygin D.N., Sevostyanov V.S., Boychuk I.P., Kuznetsova I.A.

INVESTIGATION OF SHOCK CONTACT ABRASIVE PARTICLES LINED VORTEX ACOUSTIC DISPERSER

Theoretical and experimental studies of the process of lining wear gazoobrazivnogo vortex-acoustic dispersant allowed to establish the conditions and laws of their occurrence, as well as to develop proposals for its reduction.

Key words: superfine material vortex-acoustic dispersant gazoobrazivny wear contact problem, lining

Severin N.N., Saponenko I.G.

NEW METHODS OF IMPROVING THE INFORMATIONAL SYSTEM OF MANAGING THE SUPERVISORY ACTIVITY

The article substantiates the possibility of using thin clients and terminal technologies by supervision institutions of MES of RF, which allows improving preventive, controlling and supervision work and increases the efficiency of supervisory activities.

Key words: information, technologies, state fire supervision, thin clients, personal computer, risk, supervisory activities.

Filinskikh A.D., Sosnina O.A., Boytyakov A.A.

HIERARCHICAL SPACE OF PARAMETERS OF GEOMETRICAL MODEL

One of the most important questions, connected to information's exchange between geometrical models made in different technologies, is determination of main parameters of geometrical models and distribution by the hierarchy. A graph of geometrical model's parameters was plotted for it. The methods for geometrical model's every parameter's structural weight's determination, for evaluation of transmission and restoration of geometrical model between different professional software environment.

Key words: geometrical model, data transmission, functionally-oriented evaluation, hierarchical weight of parameters

Zuev S.V.

SIMULATION OF QUANTUM COMPUTATION ON A CLASSICAL COMPUTER

Quantum computing are considered as the future of computing. Giving an exponential gain in solving the most popular NP problems, as well as opening up opportunities in field of artificial intelligence, cryptography, and pattern recognition, quantum algorithms are not in use only because of lack of proper quantum computer. This obstacle can be overcome in the near future because the leading companies of the world are investing huge resources developing in this area and the first results have been made in many countries including Russia.

Among the known tasks for quantum algorithms the problems of order finding and factorization has a special place. Because of their importance in field of data protection, the testing and modifications of these algorithms for applications are ought to be done on a classical computer. The successful test of quantum algorithm on a classical computer makes it ready for use in quantum device immediately after it arrives.

In this paper we construct representations of the qubit and operations on them which allow to make a quantum algorithms models on a classical computer with a given accuracy.

Key words: quantum computing, quantum algorithm, a qubit, quantum Fourier transformation, factorization algorithm.

Klassen V.K.

BASIC PRINCIPLES OF THE KILN SYSTEM DRY PROCESS CEMENT PRODUCTION

This article reviews the main principles control of modern kiln system by dry process for burning cement clinker. Given controlled technological parameters and a method of exposure to regulators. These dependences allows almost completely automate the process clinker burning in the kiln system with cyclone preheater and precalciner. Shown ways of timely identification and prevention of emergency, first of all, for the emergence of crusts in the lower part of the cyclone preheater, precalciner; material and clinker rings in the kiln. The implementation of the following methods of control and automation of cement clinker burning process is achieved by the stability of the entire system, is provided by high technical and economic parameters, namely, the increased productivity of the unit, refractory life and the quality of clinker; reduced fuel consumption. Moreover

Key words: clinker, burning, control, controlled parameters, adjustable impact, rotary kiln, preheater, precalciner.

Trubaev P.A.

METHODS OF AUTOMATION AND CONTROL OF POWER EFFECTIVE WORK OF PUMPS AND PUMPING STATION

Methods of the automated conducting of calculations of operation modes and regulating of pumps and pumping station are offered by their operation in a hydraulic network. Unlike known methods, characteristics of pumps are represented not an aspect of the approximating equations, and in a tabular aspect. The solution of system of the equations which are switching on the equations of pressure system head curves and the pump, is produced by numerical methods. Summation of characteristics at serial or parallel pumps, also is produced by numerical methods in which result new tabular dependence for setting (new installation) is gained. Application object-oriented the approach for implementation of algorithms of calculation allowed to create the general-purpose methods, allowing to count both operation of separate pumps, and setting from the several varied serial or parallel pumps (pumping station) working with a different rotational speed and with different extent of closing of controlling slides.

Key words: pumps, regulating, an energy-saving, control

Rubanov V.G., Kizhuk A.S., Gol'tsov Yu. A., Karikov E.B.

IMPLEMENTATION OF FRACTIONAL INTEGRO-DIFFERENTIATION APPROXIMATION ALGORITHM WITH AN ERROR ESTIMATION

Article is devoted to the task of developing a numerical algorithm for computing the fractional integro-differential transformations. Set out the methodology of the algorithm parameters choosing to achieve the desired conversion accuracy. The results obtained are demonstrated by the example of calculating the harmonic function semi-derivative.

Key words: *Mathematical model, fractional derivative, thermal object, control theory, Fourier transformation, numerical methods, integro-differential, approximation, MathCAD, error.*

Tarasjuk P.N., Vashchenko D.A., Trubaev P.A., Radchenko V.V.

THE ANALYSIS OF THE THERMAL RESISTANCE OF VARIOUS FENCING DESIGNS ACCORDING TO THE RESULTS OF INSTRUMENTAL MEASUREMENTS

Results of measurement of resistance to a heat transfer of fencing designs of maintained buildings, and also results of measurements of resistance to a heat transfer of fencing designs in the certificated climatic chambers for the purpose of their comparison actual thermal characteristics with design values are in-process resulted. It is installed that the basic agency on lowering of an actual thermal resistance of non-load-bearing constructions in relation to the rated renders their design, instead of applied materials. The non-load-bearing constructions having a layer erected under construction of a heater, have actual resistance of a heat transfer below the rated. Thus the thermal resistance is influenced by a manner of installation of a heater and a vapour barrier setting point. The non-load-bearing constructions fulfilled in the form of a laying from bricks or units, and also collected industrially, under heat-shielding characteristics match to the stated properties.

Key words: *the thermal resistance, fencing designs, warming, energy efficiency.*

Shaptala V.G., Shaptala V.V., Gavrilenko A.V.

NUMERICAL SIMULATION OF CEMENT-AIR MIXTURE IN THE PNEUMOCHAMBER PUMP

The numerical simulation of the discharge chamber pneumochamber pump, based on which, the dependence of the flow concentration of cement from design-mode parameters of the pump.

Key words: *pneumochamber pump, mathematical model, aeration device*

Shapovalov N. A., Bushuyeva N. P., Panova O. A.

STABILITY OF PYRITES WHEN ROASTING CARBONATE AND SILICIC MIX

Waste of mining and processing integrated works, in passing got breeds of iron ore fields can be used by production of low-obzhigovykh highly active knitting materials. However some of them contain oxides of iron of various valency and pyrites which behavior in the conditions of heat treatment demands specification. In this work, using methods of the physical and chemical analysis and thermodynamic calculations, stability of pyrites when roasting carbonate and silicic mix is investigated. It is received, the differential and thermal analysis and thermodynamic calculations of $\Delta G_i^0 = f(T)$ confirmed the fact about instability of pyrites when roasting. Pyrites at first decay to FeS, and then in the presence of oxygen are oxidized to Fe₂O₃. Existence of ions of Fe²⁺ and Fe³⁺ in carbonate and silicic mix intensifies processes of decarbonization and formation of the limy and belite knitting. Decomposition products actively participate in processes of the synthesis highly active knitting as a part of which except oxide of calcium and double-calcium silicate there is a calcium ferrite.

Key words: *pyrites, flotation waste, tails of wet magnetic separation, calcium oxide, calcium ferrite, thermal capacity, oxidation, lime-belite knitting components, Gibbs's energy.*

Zemskov Y.P., Afanasyev A.A., Pegina A.N.

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE OF AN ASSESSMENT OF BULK DENSITY OF SUGAR WEIGHT BY PRODUCTION OF SOFT CARBONATED DRINKS

The results of the work performed can be applied in the food industry and in other industries where technology is used with a tablet product. The results of the analytic dependence of the density of a sugar tablet weight of bulk density in the production of carbonated soft drinks.

Key words: *the bulk density, the tableted density, the densitometer, measured volume, sugar weight*

Ivleva I.A., Besedin P.V.**STUDYING OF PROCESS OF AGGLOMERATION OF MONOMINERAL CLAYS IN NOT ISOTHERMAL CONDITIONS**

Influence of mineralogical composition of monomineral clays on sintering processes is investigated. The method of not isothermal kinetics, graphic differentiation of curves of change of relative contraction of samples at the set heating speeds, calculated the seeming energy of activation process on sintering monomineral clays. The given method allows to predict behavior of the materials received on the basis of clays in actual practice of production and to optimize parameters of management of technological process of roasting for ensuring stable release of high-quality production.

Key words: sintering, relative contraction, energy of activation, sintering interval, kaolinite, hydromica, montmorillonite.

Minjko N.I., Lavrov R.V.**LOW SEEDS SILICATE GLASS BASED ON AN ALKALI CONCENTRATION**

An alkaline concentrate was obtained by treatment quartz sand, caustic and traditional alkali-earth metals carbonates raw materials. The alkaline concentrate (AC) contains less remanent NaOH than prototype. Using AC allows to intensify silicate process and to decrease decrepitation properties raw materials. A method for manufacturing silica glass with low seeds concentration based AC was suggested.

Key words: pre-processing of raw materials, alkali-earth metals carbonates, silicate process intensification, decrepitation, seeds concentration and bulbs in glass

Kozelkov O.A.**MODELS OF MULTI-CRITERION ESTIMATION AND VARIANTS CHOICE OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

The problem of a choice of the most preferable variant of technological process taking into account its realizability in the conditions of concrete production enterprise is considered. The system model allowing to allocate information, functional and structural parameters of technological process taking into account influence of environment is developed. Indicated parameters are used for determination of character of information necessary for decision-making at the choice of the technological process most preferable option of a set of alternatives. For the solution of this problem the multicriterion estimation model with using of usefulness function that allows to consider the diverse requirements imposed to an admissible set of options is offered. At forming of function of usefulness the vagueness of information is taken into account in probabilistic and indistinct forms. Such characteristics of technological process as the purpose, structure and internal properties, are considered when forming private criteria of an assessment of preference. The possible ways of a task of values of weight coefficients by experts taking into account specifics of the studied object and character of information at a pre-investment production stage are considered.

Key words: technological process, multi-criterion evaluation, usefulness function.

Schetinina E.D., Dubino N.V., Dadalova M.V.**ECONOMIC BASES OF FORMATION OF STRATEGIC COMMUNICATIONS INDUSTRIAL ENTERPRISE**

Article is devoted to urgent issues of forming of strategic communications of company. The basic concepts, objectives and basic principles of strategic communications are allocated. The basic controls of reputational assets through strategic communications are examined. The role of strategic communications planning strategy is defined. Matrix – QUEST analysis for planning budget of strategic communications is represented.

Key words: communication, information sharing, communication objectives, strategic communications, principles of strategic communications, strategic communication channels, budget of strategic communications.

Sborshikov S.B., Lazareva N.V., Aleksanin A.V.**DISTRIBUTION OF THE MANPOWER ON CONSTRUCTION OBJECTS**

Relevance of questions of ensuring construction production with professional labor shots increases. It is connected with prompt development of construction branch. Efficiency of distribution of a manpower on objects under construction has considerable impact on the level of profitability of construction. Dynamics is an important property of a subsystem of staffing of construction. It is defined by the general development of investment and construction activity as systems. In article the formalized description and model of distribution

of groups of workers on construction objects is offered. It will promote rational distribution of a manpower on fronts of works.

Key words: manpower, distribution, efficiency, dynamics, construction, investment and construction activity.

Gulei I.A., Tselyutina T.V.

FROM STRATEGIC MANAGEMENT TO MODERN PRINCIPLES MANAGERIAL DECISION MAKING IN SMALL BUSINESS

The article discusses the features of the modern principles of management decision-making in small business, taking into account the dynamics of the development of management systems. The results of a study aimed at identifying the impact of the qualitative characteristics of the leaders on the effective management decisions.

Key words: management decisions, model, small business, competitiveness, competence.

Doroshenko U.A., Malykhina I.O., Ospishev P.I.

INTELLECTUAL CAPITAL AS A FACTOR IN SUCCESSFUL FORMATION OF INNOVATIVE INFRASTRUCTURE OF THE UNIVERSITY

Today our country needs to provide an educational system that will meet the requirements of the emerging innovation economy. The educational process should provide a basis for expanding the innovation and research activities.

The widespread use of intellectual capital on innovation is also one of the key factors of competitiveness and sustainable economic growth of not only the country but also of the University. Intellectual capital plays an important role in improving the economic efficiency of the universities and through the successful commercialization of intellectual activity is one of the main sources of income.

Key words: intellectual capital, innovation infrastructure, innovation economy, efficiency, innovation potential.

Kuleshov M.I., Gubarev A.V.

UPGRADING THE CONSTRUCTION OF HIGH-TEMPERATURE PART OF THE CONDENSING HOT WATER BOILER, AIMED TO INCREASING ITS MAINTAINABILITY

There was considered the various variants of construction of the radiation part in the condensing hot water boiler. The major drawback, which reduces the maintainability of the boiler, is revealed, based on the analysis of the existing construction of the high-temperature part. There was proposed the measures to the radiation part construction modernize, to increasing the maintainability of the aggregate.

Key words: condensing hot water boiler, the bottom of the flame tube, boiler water feeding.

Lyandenbursky V.V., Nefyodov M.V., Korotkov D.V., Posypkin D. A.

PROGRAM OF SEARCH OF MALFUNCTIONS IN CONTACTLESS SYSTEM OF IGNITION OF ENGINES

During the operation of the car the majority of malfunctions is shown in the form of external signs. Knowing the most often found malfunctions, and also external manifestations, find the arisen malfunction, without carrying out excessive inspections and dismantlings. In the car engine electric equipment elements most often fail. One of the most perspective ways of increase in probability of no-failure operation of cars is application of the built-in diagnosing of cars. It is offered to use more effective "probabilistic and logical" method of search of malfunctions which allows to carry out quickly diagnosing by results of poll as a result of which probabilities of the considered hypotheses are specified for control of electric equipment. In some cases, being based only on results of answers to polling questions, it is possible to make the diagnostic decision. The offered method will allow to carry out quickly diagnosing by results of which the car can go to repair, and malfunctions with not labor-consuming operations of restoration can be carried out on the line. It will allow to optimize transport process and financial and economic indicators of the motor transportation enterprise.

Key words: Operation, car, built-in diagnosing, "probabilistic and logical" method, maintenance.

Vendin S.V., Shcherbinin I.A.

BY CALCULATING THE PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC PULSES IN MICROWAVE PROCESSING DIELECTRIC MEDIUM

The problems of calculating the propagation of an electromagnetic pulse in the microwave processing of dielectric media. It provides a general statement of the problem, in which the dielectric object falls on a plane electromagnetic wave in the form of a pulse.

The basis of the decision laid the laws of propagation of electromagnetic waves in dielectric media. Are: the general solution of determining the instantaneous value of the electromagnetic field in the interior of the object, and the particular solutions for the Gaussian pulse, rectangular shape and a high-frequency rectangular pulse, as well as for the calculation of the ratio of the microwave power dissipated in the semi-conductive medium at a high frequency pulse processing.

Key words: microwave, high frequency pulse to the dielectric, an electromagnetic wave, the electromagnetic field, the electric field of the microwave power.

Averkova O.A., Kryukov I.V., Tolmacheva E.I.

IMITATION MODELING OF AIR EJECTION IN ROUND TUBE WITH BYPASS CHAMBER

Considered dynamic airflow in impervious round tube which is located inside a cylindrical bypass chamber. Air ejection action flow of bulk material imitated by means of a fan located inside the tube. Numerical modeling carried using the method of boundary integral equation method and developed on his the basis of computer program. Were produced comparison of numerical and natural experiments.

Key words: aspiration, bulk material handling, air ejection, bypass chamber.

Grafkina M.V., Nyunin B.N., Sviridova E.Y., Teryaeva E.P.

MEASURES TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE TERRITORY IN DENSE URBAN AREAS

The paper presents the theoretical and practical recommendations for improving the environmental safety areas in dense urban areas. The results of the study of infrasound and electromagnetic fields, set the theoretical dependence of the level of infrasound on the composition of vehicular traffic, the speed of vehicles; found an association between traffic and the values of the electric and magnetic fields. Currently not fully used the protective properties of building structures. Fences, barriers, building facades, acoustic screens, transport tunnels have become objects of research and testing ground for the implementation of measures to improve the environmental safety of the existing urban area. Authors proposed activities will reduce the levels of electromagnetic fields, noise and chemical pollution.

Key words: ecological safety, urban areas, urban development, measures, noise exposure, electromagnetic field, atmospheric pollution, building construction.

Stepanova-Tretyakova N.S.

THE ROLE OF THE TRADITIONAL ACADEMIC SCHOOL DRAWING ON THE FORMATION OF THE ARTISTIC SKILLS OF THE STUDENTS IN THE AREAS OF ARCHITECTURE

Technical education in Russia at the moment, successfully makes the transition to two-level system, which includes not just the professional factor, but also mobility, communication, interactivity, and creativity. Therefore, the quality of bachelor's direction architecture plays a dominant place. The three pillars are the basis of this specialty: function, design and beauty. Therefore, the formation of the artistic skills should be equivalent to the development of structurally-spatial thinking. And the combination of such subjects as drawing and architectural design - complementary.

Academic school of drawing, this is a historically established system of art education. Mastering its regularities graphic images are not only artists, but also architects comprehend the laws of the images, develop their artistic skills and creative thinking.

Key words: artistic skills, academic painting system, contour-schematic, geometrie-mathematical, structural - spatial and plastic methods.

Kireev M.N., Kireeva N. V., Baranichenko N.V.

FORMATION OF CREATIVE TRAITS OF A SPECIALIST AS A SOCIALLY VALUED PHENOMENON AND CHARACTERISTICS OF A PERSONALITY

The article deals with a variety of approaches to the definition of the notion "creativity" and with dynamics of their modification and evolutionary transformation during the historical development of the society; the creativity is shown in the close interconnection with the notion "creation". The authors study specific peculiarities of the process of forming a creative personality of a socio-cultural sphere specialist that is characterized by diversity and integral combination of personal traits, such as creative activity, creative direction, creative individuality, initiative.

Key words: creativity, social activity, creation, innovations, pedagogical conditions, educational space.

Shavyrina I.V., Shukchus L.V.**GENDER INTEGRATION AS A STRATAGEM OF INSTITUTIONAL CHANGES IN HIGHER SCHOOL**

The article reveals the essence of the concept of gender mainstreaming in the context of institutional changes in higher education. The most important specifications, sensitive to gender transformations in the high school, are justified. They are social environment, the development strategy of high school, college and university (organizational) structure, high school (organizational) processes, the higher education (organizational) culture, college and university (organizational) communication. The role of each of allocated specifications in success of gender transformations within higher school describes in the article.

Key words: gender mainstreaming, gender transformation, gender mainstreaming, human capital, the strategy of the university

Efremova N.V., Genenko O.N., Efremova P.I.**PRINCIPLES OF TRAINING SPECIALIST SOCIO-CULTURAL SPHERE**

Research is devoted to improving the process of training a specialist in modern conditions of social and cultural sphere. The methodological foundations of the principles of training, which can be the basis of the educational process at the University of Art and Culture. Formed us principles of specialist training to social and cultural spheres of professional activity are most relevant in today's socio-economic, political and spiritual and moral situation in Russia. They do not replace the principles of classical pedagogy and updated, specify and adjust them to meet the requirements of time and specific activities. The combination of professional education process and traditional practices suggested in this article will help to reach a new level of training the social and cultural sphere in terms of their relevance.

Key words: guidelines, training, specialist social and cultural spheres, professional education in the field of culture and arts

Severin N.N., Razhnikov S.V.**RELEVANT ORGANIZATIONAL PROBLEMS OF FULFILLING THE SUPERVISORY ACTIVITIES AND THEIR SOLUTIONS ON THE BASE OF SYSTEM APPROACH**

The article deals with the issues of applying system approach and system analysis in managing the supervisory activities, which allows improving the supervisory activities management, orienting it to solving problems, determining opportunities and drawbacks of neck stages in the process of gathering and processing information and taking decisions.

Key words: supervisor, management, fire security, supervisory activities, system approach, methodology, organization.

Radoutsky V.Yu., Vasyutkina D.I.**QUANTITATIVE CRITERIA OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS' SECURITY SYSTEMS**

The article considers the problems of quantitative criteria of assessing the efficiency of higher educational institutions' security systems. The developed quantitative criteria of determining and influencing factors of safety allow evaluating the quality of risk management system in a higher educational institution, as well as comparing the state of these systems in various higher educational institutions.

Key words: danger, risk, security system, system of risk management, emergency situation, determining factor, safety criterion.

Koreneva E.N., Andreyeva S.M., Koltunova S.V.**IN SEARCH OF THE OPTIMAL COMBINATION OF FORMS AND METHODS FOR TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE**

The article deals with a combination of complementary forms and methods for teaching the Russian language to foreign students. The authors actualize both traditional and innovative methods for teaching Russian as a foreign language, such as the intensive method, the interactive method, the role-playing method and others.

Key words: self-guided work, language laboratory, computer-supported teaching, a role-play, proverbs, sayings, painting, integration.

Tikhonovich E.V., Tikhonovich N.V.

**STUDY ABROAD AS ONE OF THE MAIN CONDITIONS
FOR IMPROVING RUSSIAN SPECIALISTS' COMPETITIVENESS LEVEL**

The paper is dedicated to the description of opportunities in education provided by new political and economic conditions, stresses the importance of study abroad as one of the factors for improving the competitiveness of Russian specialists.

Key words: studying, intercultural education level, intercultural competence, competition, competitiveness.

Shadaeva L.I.

DIFFERENT MEANS OF A THESIS STATEMENT

A thesis statement is a set of sentences. There are several means of expressing a thesis statement: assertions of the facts, propositions, and situations. A. N. Baranov considers the problem of thesis statement from the theory of speech acts: imperatives, advice, wish, statements, assumptions, opinions, and etc. focusing on the addressee's world model and knowledge. A. N. Baranov and V. M. Sergeev connect the indirect thesis statement of argumentation with indirect speech acts and some parts of text which are similar to some situations (for example: "a raid", "a threat", "a bid", and etc.). A. Lincoln's argumentation is characterized by such means of thesis statement as indirect speech acts of assertion, proposition, and etc. focusing on the addressee's world model and knowledge.

Key words: a thesis statement, theory of speech acts, indirect speech acts, addressee, the world model.

Koleničenko V. V.

**PROFESSIONAL AND ETHICAL TRAINING IN THE EDUCATIONAL SYSTEM OF THE
MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS**

In this article, the author has sought to show that the most important part of the training at all educational levels is their professional and moral preparation and, in this regard, considers the most important components of vocational moral potential, which contributes to the efficiency of the police in protecting the interests of citizens of the Russian Federation and the State as a whole.

Key words: Professional and moral training, employee of the Interior Ministry, vocational and ethical potential, learning environment the University, personnel structure, spiritual safety, competence.

Chavykina J.O.

ABOUT KNOWLEDGE THE SOVIET LEXICOM MODERN YOUTH

This article analyzes some changes in the vocabulary of the Russian language of modern times. The author pays special attention to the latest linguistic processes - neologizatsii and passivation, and also refers to the sociological, historical and cultural context. Occupies a special place experimental verification of the facts archaism actual vocabulary of the Soviet period - Sovietisms. Their transition to the passive margin lexical fund language is uneven with respect to the various groups of native speakers when subjected to this process a variety of factors, but above all with regard to age and form an individual picture of the world in different social groups. This is dictated by the need to study how changes in the semantics and pragmatics of such words is fixed public consciousness of the people and the individual consciousness of today's youth. The article is addressed to teachers of general education and professional secondary and higher educational institutions.

Key words: Russian language, vocabulary, lexicography, semantics, pragmatics, socio-cultural factors, experiment.

Lipich T.I., Belozerskih S.N.

PHENOMENON OF OLD AGE IN THE ORTHODOX TRADITION

The article analyzes the phenomenon of aging and its specificity in the Orthodox comprehension, discloses the contents and implications of this age period in the Orthodox Christian life.

Key words: old age, aging, Orthodox, Christianity.

НАШИ АВТОРЫ

Золотых Светлана Николаевна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильных и железных дорог.

E-mail: sveta-zolotykh@yandex.ru

Перькова Маргарита Викторовна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра архитектуры.

E-mail: perkova.margo@mail.ru

Минко Всеволод Афанасьевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, отопления и вентиляции.

Тел.: (4722) 55-94-38; e-mail: promaerovent@mail.ru

Селицкая Наталия Владимировна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильных и железных дорог.

E-mail: khoruzhaya@front.ru

Нелюбова Виктория Викторовна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра материаловедения и технологии материалов.

E-mail: nelubova@list.ru

Мамедов Ахад Джамал оглы

Адрес: Азербайджан, Баку, AZE-1073, ул. А. Султанова 5. Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, кафедра Гидротехническое строительство.

E-mail: ahad.mamedov@rambler.ru

Ганджунцев Михаил Иоакимович

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26. Московский государственный строительный университет, кафедра строительной механики.

E-mail: opp@mgsu.ru

Зинькова Виктория Аннатовна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра сопротивления материалов и строительной механики.

E-mail: vikzinkova@mail.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

Севостьянов Владимир Семенович

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра «Технологические комплексы, машины и механизмы».

E-mail: dist@intbel.ru; Тел.: (4722) 54-39-65.

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

Богданов Василий Степанович

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра механического оборудования.

Тел.: (4722) 55-06-02; e-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

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

Ламнауэр Наталия Юрьевна

Адрес: Украина, 61003, Харьков, ул. Университетская, д. 16. Украинская инженерно-педагогическая академия, кафедра металлорежущего оборудования и транспортных систем.

E-mail: lamnaouernatali@mail.ru

Шрубченко Иван Васильевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии машиностроения.

E-mail: shrubens@yandex.ru

Шарапов Рашид Ризаевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра подъемно-транспортных и дорожных машин

E-mail: ptdm_zavkaf@mail.ru

Величко Дмитрий Валерьевич

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

E-mail: tk210@mail.ru

Ильина Татьяна Николаевна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра отопления, вентиляции и кондиционирования.

Тел.: (4722) 55-94-38; e-mail: ilyina@intbel.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

Рубанов Василий Григорьевич

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

E-mail: Rubanov@intbel.ru

Северин Николай Николаевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях.

Тел.: (4722) 30-99-86; e-mail: zchs@intbel.ru

Филинских Александр Дмитриевич

Адрес: Россия, 603600, Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, 24. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, кафедра «Графические информационные системы».

E-mail: alexfil@yandex.ru

Зуев Сергей Валентинович

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра программного обеспечения вычислительной техники и управляющих систем.

E-mail: sergey.zuev@bk.ru

Класен Виктор Корнеевич

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

E-mail: klassen.vk@yandex.ru

Трубаев Павел Алексеевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра энергетики теплотехнологии.

E-mail: trubaev@gmail.com

Губарев Артем Викторович

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра энергетики теплотехнологии.

E-mail: artwo0248@mail.ru

Шаптала Владимир Григорьевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра прикладной математики.

E-mail: Chalov-v@mail.ru

Шаповалов Николай Афанасьевич

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

E-mail: shap@bstu.ru

Афанасьев Александр Александрович

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра стандартизации и управления качеством

E-mail: Alexaf-42@mail.ru

Беседин Павел Васильевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра прикладной химии.

E-mail: pvbesedin@yandex.ru

Минько Нина Ивановна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии стекла и керамики

E-mail: minjko_n_i@mail.ru

Козелков Олег Александрович

Россия, 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 12, стр. 7. ОАО «Научно-производственное предприятие «Кант».

E-mail: kozelkov@pochta.ru

Щетинина Екатерина Даниловна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра маркетинга.

E-mail: schetinina@inbox.ru

Сборщиков Сергей Борисович

Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Московский государственный строительный университет, кафедра «Технология, организация и управление в строительстве»
E-mail: tous2004@mail.ru

Гулей Инна Арамовна

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кафедра управления персоналом.
E-mail: gulei@bsu.edu.ru

Дорошенко Юрий Анатольевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра стратегического управления.
E-mail: ROGOVA@intbel.ru

Губарев Артем Викторович

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра энергетики теплотехнологии.
E-mail: artwo0248@mail.ru

Лянденбургский Владимир Владимирович

Адрес: Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28 Россия, г. Пенза, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
E-mail: lvv789@yandex.ru

Вендин Сергей Владимирович

Адрес: Россия, 308503, пос. Майский Белгородского района Белгородской области, ул. Вавилова, д.1. Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина
E-mail: elapk@mail.ru

Аверкова Ольга Александровна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра прикладной математики
E-mail: olga_19572004@mail.ru

Графкина Марина Владимировна

Адрес: Россия, 107023, Москва, ул. Большая Семеновская, 38. Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), кафедра «Экологическая безопасность автомобильного транспорта».
E-mail: marina.grafkina@rambler.ru

Степанова-Третьякова Н.С.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
E-mail: natalia.stepanova-tretyackova@yandex.ru

Киреев Михаил Николаевич

Адрес: Россия, 308033, Россия, г. Белгород, ул. Королева, 7 Белгородский государственный институт искусств и культуры, кафедра философии и социальных наук
E-mail: kireymn@mail.ru

Шавырина Ирина Валерьевна

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра социологии и управления.
E-mail: shavyrina_77@mail.ru

Гененко Оксана Николаевна

Адрес: Россия, 308033, Белгород, ул. Королева, д. 7 Белгородский государственный институт искусств и культуры, кафедра социально-культурной деятельности
E-mail: oks_genenko@mail.ru

Северин Николай Николаевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях.

Тел.: (4722) 30-99-86; e-mail: zchs@intbel.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях.

Тел.: (4722) 30-99-86; e-mail: zchs@intbel.ru

Коренева Елена Николаевна

Адрес: Россия, 308016, г. Белгород, ул. Королва, 7. Белгородский государственный институт культуры и искусств.

E-mail: korenevaen@yandex.ru

Тихонович Николай Васильевич

Адрес: Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116 а. Белгородский университет кооперации, экономики и права кафедра теории и истории кооперативного движения.

E-mail: interdept@bukep.ru

Шадаева Лада Иннокентьевна

Адрес: Россия, Россия, 664074, Лермонтова 83, каб. Ж-106. Иркутский государственный технологический университет, кафедра иностранных языков для технических специальностей № 1.

E-mail: Shadaeva@mail.ru

Колениченко Василий Васильевич

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. 60 лет октября, 9-488. Белгородский государственный институт искусств и культуры.

E-mail: koleni4enko77@mail.ru

Чавыкина Юлия Олеговна

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85. Белгородский государственный университет, кафедра русского языка и методики преподавания.

E-mail: Chavykina.jul@yandex.ru

Белозерских Светлана Николаевна

Адрес: Россия, 308009, Белгород, ул. Преображенская, 78. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кафедра философии и теологии.

E-mail: belozerskih09@yandex.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 2, 2015 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка Н.И. Алфимова
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

**Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего 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 10.03.15. Подписано в печать 18.03.15 Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 32,67. Уч.-изд. л. 35,13

Тираж 1000 экз. Заказ 106. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 336 Лк.

Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».

Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова