

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
X Международной научно-практической
конференции

23-25 мая 2019 года
Юрга

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
X Международной научно-практической конференции

23–25 мая 2019 г.

Томск 2019

УДК 62.002:658(063)

ББК 34.4:65л0

И66

И66 **Инновационные технологии в машиностроении** : сборник трудов X Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 395 с.

ISBN 978-5-4387-0871-1

Сборник содержит материалы X Международной научно-практической конференции по современным проблемам инновационных технологий в сварочном производстве, машиностроении, металлургии, автоматизации производства и экономике.

Предназначен для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов технических специальностей.

УДК 62.002:658(063)

ББК 34.4:65л0

Ответственный редактор

Е.А. Зернин

Редакционная коллегия

Д.П. Ильященко

А.А. Захарова

М.А. Кузнецов

Т.Ю. Чернышева

С.А. Солодский

А.Г. Мальчик

Э.Ф. Кусова

ISBN 978-5-4387-0871-1

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНА РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОКАТКИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МЕТАЛЛОЛОМА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ	
<i>Родченков М.Н., Лежнев С.Н., Панин Е.А.</i>	9
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН БРАКА ПРИ ПРОКАТКЕ ШАРОВ НА СТАНЕ ШПС 30-60 МЕТАЛЛОПРОКАТНОГО ЗАВОДА АО «ССГПО» И ПОИСК РЕШЕНИЙ ИХ ИСКЛЮЧЕНИЯ	
<i>Иванов В.Н., Найзабеков А.Б., Лежнев С.Н.</i>	11
СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ ZNO-AG, ПОЛУЧЕННОГО ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАПЫЛЕНИЯ	
<i>Романов Д.А., Московский С.В., Соснин К.В.</i>	16
ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ	
<i>Шишкарёв М.П.</i>	21
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТОВ МНОГОДИСКОВЫХ АДАПТИВНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ	
<i>Шишкарёв М.П.</i>	27
КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ВО ВНЕШНИХ ПОЛЯХ	
<i>Кузьмина Л.В., Газенаур Е.Г., Кешкина К.А.</i>	33
СТРУКТУРА СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ИНДУСТРИИ 4.0	
<i>Гурьянов А.В., Заколдаев Д.А., Шукалов А.В.</i>	36
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ИНДУСТРИИ 4.0	
<i>Гурьянов А.В., Заколдаев Д.А., Шукалов А.В.</i>	41
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ	
<i>Сафонов В.В., Сапожников С.В.</i>	45
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ	
<i>Трифонов Г.И.</i>	47
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТАНКОВ С ЧПУ	
<i>Епифанцев К.В., Шилов Д.А., Около-Кулак П.А.</i>	51
МОДЕРНИЗАЦИЯ СТРЕЛОЧНОГО МЕХАНИЗМА АМПЕРМЕТРА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ	
<i>Мишура Т.П., Епифанцев К.В., Титова М.С.</i>	56
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГИКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬТИПЛЕКСОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
<i>Епифанцев К.В., Сурмило А.А., Алексеева Ю.Е., Позднякова П.А.</i>	58
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ	
<i>Девойно О.Г., Луцко Н.И., Лапковский А.С.</i>	63
ИНФРАКРАСНАЯ СЕНСОРНАЯ ПАНЕЛЬ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
<i>Чуднов Ю.Н.</i>	68
СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ШУМА ПРИ ПОМОЩИ ПАКЕТА LABVIEW	
<i>Епифанцев К.В., Арбузов В.Е., Баронова Д.В., Борзенко А.Л.</i>	72
ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЯ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ	
<i>Проккопенко С.А., Семенцов В.В.</i>	76

СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИВОДА ОТБОРА МОЩНОСТИ <i>Редреев Г.В., Сорокин А.Н., Лучинович А.А.</i>	81
РАЗРАБОТКА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНОГО-СЫРЬЯ <i>Сафин Р.Г., Арсланова Г.Р., Габидуллин А.М.</i>	86
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 08X18H10Г2M2 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ <i>Шамарин Н.Н., Филиппов А.В., Подгорных О.А.</i>	88
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ПОСЛЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В95 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ <i>Шамарин Н.Н., Филиппов А.В., Подгорных О.А.</i>	91
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 08X18H10Г2M2 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ <i>Филиппов А.В., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А.</i>	94
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА <i>Захаров О.В., Тамбиев М.Ш.</i>	97
РАЗРАБОТКА АНАЛОГА УПЛОТНИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ШАРОВОГО КРАНА <i>Мусафирова Г.Я., Якимчик Л.В.</i>	100
ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ МИКРОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ZR-Si-O ПРИ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИИ <i>Дорофеева М.С., Дорофеева Т. И., Сергеев В.П.</i>	103
СТАРТОВОЕ УСТРОЙСТВО ГЕОХОДА. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ <i>Коперчук А.В.</i>	107
ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДОЗАТОРА ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА <i>Бегляков В.Ю., Изотова А.И., Асадчий К.С.</i>	110
ПИРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ <i>Тунцев Д.В., Хайруллина М.Р., Набиуллин Р.Н.</i>	114
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Малькова Я.Ю., Соколов А.П.</i>	117
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА АКТИВАЦИИ <i>Сафин Р.Г., Гумеров Д.Р., Степанова Т.О.</i>	121
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАТИНОВОГО ТЕРМОРЕЗИСТОРА С ЦЕЛЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЕГО СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>Епифанцев К.В., Абакишина М.В., Золотухин К.В., Наумов С.А.</i>	124
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА <i>Татаринцев В.А., Толстошеев А.К.</i>	129
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОШПИНДЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Дьяченко Е.П., Рыбаков А.В.</i>	136
О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ГАЗОМОТОРНОЙ ОТРАСЛИ В СНГ И ДАЛЬНЕМ ЗАРУБЕЖЬЕ <i>Мусафирова Г.Я., Юшкевич Г.К.</i>	138
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНИЧНОГО ТРЕКА ИЗ ПОРОШКА Ti ПРИ СЛП <i>Ибрагимов Е.А., Сапрыкин А.А., Бабакова Е.В.</i>	141
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ <i>Татаринцев В.А., Толстошеев А.К.</i>	144

СОЗДАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С НЕПРЕРЫВНЫМ АРМИРОВАНИЕМ АРАМИДНЫМ ВОЛОКНОМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ	
<i>Юркина В.А.</i>	149
УСЛОВИЯ СОХРАНЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ	
<i>Бяков М.А., Буялич Г.Д., Буялич К.Г.</i>	153
ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕРМООБРАБОТКОЙ	
<i>Ягудин Т.Г., Петухова О.С., Смирнова Е.А.</i> ,	156
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГОРЕНИЯ РАЗРЯДА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОРОШКОВОГО КАРБИДА БОРА, ПОЛУЧЕННОГО В АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА	
<i>Мартынов Р.С., Пак А.Я.</i>	158
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ	
<i>Девойно О.Г., Пилипчук А.П., Лапковский А.С.</i>	160
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ	
<i>Рыбушкин Н.А., Афанасьев А.Ю.</i>	163
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОКАМИ ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ	
<i>Афанасьев А. Ю., Рыбушкин Н. А.</i>	166
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА АВТОКОЛЕБАНИЙ В ЗАМКНУТЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	
<i>Инденко О.Н.</i>	169
РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ГРАДИРНЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Мадьшиев И.Н., Дмитриев А.В., Хафизова А.И.</i>	173
СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ МАГНИЯ	
<i>Сапрыкина Н.А., Сапрыкин А.А., Ибрагимов Е.А.</i>	175
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ФАЗОВЫХ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЙ ТРЕХ- И ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ КЕРАМИКИ SIALON	
<i>Власов А.В., Клопотов А.А., Безухов К.А.</i>	179
ФОРМИРОВАНИЕ СВАРОЧНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, СОДЕРЖАЩЕЙ НАНОМАТЕРИАЛЫ	
<i>Зернин Е.А., Филимоненко А.Г., Судариков А.В.</i>	184
УТИЛИЗАЦИЯ ОТСЕВОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УГЛЕЙ	
<i>Теслев С.А., Теслева Е.П.</i>	186
ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА	
<i>Тихонов А.Е., Новоселов И.Ю.</i>	188
<u>СЕКЦИЯ 2: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕНЕДЖМЕНТ НА ПРЕДПРИЯТИИ</u>	
ОБЗОР СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В РФ	
<i>Гребенюк Я.В., Захарова А.А.</i>	191
ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОДВЕРГАЮЩЕГОСЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫМ ВТОРЖЕНИЯМ КОМПЬЮТЕРНОГО УЗЛА ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Ткаченко К.С.</i>	193
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО СОСТАВА ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ	
<i>Петров Е.В., Качаева С.Г.</i>	197

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРЕЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ	
<i>Бульшиева Л.А., Катаев М.Ю., Лосева Н.В.</i>	200
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Смирнов В.В., Овчаренко А.Г., Фирсов А.М.</i>	202
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ОБЛАСТИ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
<i>Маслов А.В., Чернышов А.В.</i>	206
ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ГТД	
<i>Макаров В.Ф., Белобородов В.С.</i>	208
ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ	
<i>Редреев Г.В., Кийко П.В., Демчук Е.В.</i>	211
УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПЕРДАЧЕ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ НА АУТСОРСИНГ	
<i>Шимохин А.В., Редреев Г.В., Помогаев В.М.</i>	216
АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	
<i>Котляров Р.В., Торгулькин В.В.</i>	221
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Рязанов А.А.</i>	223
АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К РАБОТЕ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ	
<i>Драгунова Е.В., Пустовалова Н.В., Драгунова Л.С.</i>	226
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРВИСОВ ТЕСТ-КЕЙСОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОВЕРКЕ СЦЕНАРИЕВ	
<i>Скроботов А.А., Чернышева Т.Ю.</i>	232
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОНОВОК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ	
<i>Кульга К.С., Валиев А.А.</i>	235
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЯМИ МАЛОГО БИЗНЕСА МОНОГОРОДА	
<i>Важдаев А.Н., Мицель А.А.</i>	238
ERP-СИСТЕМЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Клюева Е.Г., Зайцева С.В., Шорин А.Н.</i>	243
ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ ERP-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОРГОВЫХ КОМПАНИЙ	
<i>Шакирова Ю.К., Савченко Н.К., Клюева Е.Г.</i>	248
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО ОПАСНОСТЬ	
<i>Бондаренко С.П., Лошенко А.О., Боровикова А.В.</i>	253
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP32 СОВМЕСТНО С ГИРОПРИБОРАМИ MPU-6050 И VNO055 ПРИ СОЗДАНИИ САМОБАЛАНСИРУЮЩИХ РОБОТОВ	
<i>Момот М.В., Момот П.М.</i>	255
ВЛИЯНИЕ БИРЖЕВЫХ ТОРГОВ НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ	
<i>Марчук В.И.</i>	265
БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЛАКА И УПРАВЛЕНИЕ ИМ	
<i>Разумников С.В.</i>	267
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МИГРАЦИИ ИТ-ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАЧНУЮ СРЕДУ	
<i>Разумников С.В.</i>	271
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА	
<i>Телипенко Е.В., Важдаев А.Н.</i>	275

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЯ ОБЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ «ОЕЕ» НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В РОССИЙСКОЙ ПРАКТИКЕ	
<i>Абрамова И.Г.</i>	279
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ	
<i>Усенкова М.А., Яскевич Д.И., Бекмешов А.Ю.</i>	284
ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ УЧАСТНИКОВ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ	
<i>Захарова А.А., Лазарева А.Н.</i>	288
СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Стрековцова Е.А.</i>	292
АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВУЗА	
<i>Пустовалова Н.В., Драгунова Е.В., Драгунова Л.С.</i>	295
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ ЗАКУПОК В РФ	
<i>Драгунова Е.В., Эргешов Р.Ш.</i>	299
 СЕКЦИЯ 3: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
ТУШЕНИЕ ПОЖАРА В ЦЕХУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА ЦИКЛОГЕКСАНА (БАЗИСНЫЙ СКЛАД) НА ПРЕДПРИЯТИИ КАО «АЗОТ»	
<i>Бондарева Е.М., Родионов П.В.</i>	303
АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОЖАРАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОДЖОГА НА ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Утробина Т.А., Попова Е.А., Грушевская А.К.</i>	305
ВЛИЯНИЕ РАЗВИТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ТРАВМАТИЗМ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
<i>Ранде В.Р., Бородин Ю.В., Сысолов К.В.</i>	307
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦЕПТУР СОСТАВА RDF – ТОРФ – ОПИЛКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИННОВАЦИОННОГО УДОБРЕНИЯ	
<i>Епифанцев К.В.</i>	309
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ	
<i>Графкина М.В., Свиридова Е.Ю., Питрюк А.В.</i>	313
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ НА ТЭС	
<i>Замалиева А.Т.</i>	318
АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПРЕДЕЛАХ Г. НОВОХОПЕРСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ	
<i>Прожорина Т.И., Гребенникова О.А.</i>	323
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ	
<i>Новикова А.Л., Назаренко О.Б.</i>	325
ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Герасимова О.О., Карауш С.А., Герасимова Е.А.</i>	327
ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕ КРУТИЛЬНЫХ И ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН	
<i>Поболь О.Н., Фирсов Г.И.</i>	329
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ 112: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	
<i>Мамайсур Д.В., Литвинова И.А.</i>	336
ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ	
<i>Запевалов М.В., Сергеев Н.С., Редреев Г.В., Четыркин Ю.Б., Запевалов С.М.</i>	339

СОДЕРЖАНИЕ

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПОЖАРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ	
<i>Деменкова Л.Г., Джаборов Ш.Р., Янгалов А.П.</i>	344
ПЕННОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ: ОСОБЕННОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	
<i>Деменкова Л.Г., Джаборов Ш.Р., Янгалов А.П.</i>	348
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОГОДЖИНСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	
<i>Кожухарь Т.А.</i>	351
АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ БИТЁВКИ	
<i>Меньщикова О.В., Смирнова Н. К.</i>	354
ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ	
<i>Кроль А.Н.</i>	359
ПРАВОВОЙ РЕЖИМ ТЕРРИТОРИЙ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ В ХАНТЫ-МАНСЕЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ-ЮГРЕ	
<i>Михалёва А.А., Мальшева В.Е., Аббасова Е.В.</i>	361
РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	
<i>Абанина Е.Н., Тимофеев Л.А.</i>	364
О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ГАЗОМОТОРНОЙ ОТРАСЛИ В СНГ И ДАЛЬНЕМ ЗАРУБЕЖЬЕ	
<i>Мусафинова Г.Я., Юшкевич Г.К.</i>	368
ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД	
<i>Теплова Д.С.</i>	370
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА	
<i>Ольховатенко В.Е., Бычков О.А., Чернышова Н.А.</i>	373
УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ В РАМКАХ РАЗРАБОТКИ ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПРОГРАММЫ «УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ЗАЩИТЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ»	
<i>Власова Д.В., Туманов А.Ю.</i>	376
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ	
<i>Куулар Л.И., Туманов А. Ю.</i>	380
РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ГРАДИРНЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Мадышев И.Н., Дмитриев А.В., Хафизова А.И.</i>	384
ВНЕДРЕНИЕ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В КУЗБАССЕ НА БАЗЕ ПАК «СТРЕЛЕЦ–МОНИТОРИНГ»	
<i>Утробина Т.А.</i>	386
ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ПРИ РАБОТЕ ВАХТОВЫМ МЕТОДОМ	
<i>Лукьянов А.К.</i>	389
РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ.	
<i>Боголюбова И.В., Ушаков А.Г.</i>	991

СЕКЦИЯ 1: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНА РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОКАТКИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МЕТАЛЛОЛОМА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

*М.Н. Родченков, студ., С.Н. Лежнев, к.т.н., доцент, Е.А. Панин, PhD, научный сотрудник
Рудненский индустриальный институт
111500, Костанайская обл., г. Рудный, ул. 50-лет Октября 38, тел. +7(71431)50703
E-mail: sergey_legnev@mail.ru*

Аннотация: Переработка металлолома является одним из важнейших направлений в производстве металлов и сплавов, а так же при изготовлении различных металлоизделий, данная деятельность называется рециклинг. Рециклинг металлолома можно осуществлять, как путем его переплавке, или же технологией, набирающей в настоящее время распространение на некоторых машиностроительных заводах и которая включает в себя радиально-сдвиговую прокатку. В данной работе предложена технология рециклинга металлолома черных металлов в условиях Акмолинского филиала АО «Казваторчермет», с целью получения высококачественного торгового продукта в виде прутков круглого поперечного сечения.

Abstract: Processing of metal scrap is one of the most important areas in the production of metals and alloys, as well as in the manufacture of various metal products, this activity is called the recycling. Recycling of metal scrap can be carried out by its melting, or technology, using now in some engineering plants that is included the radial-shear rolling. In this paper, the technology of recycling of ferrous metal scrap in the Akmola branch of JSC "Kazvtorchermet" is considered, in order to obtain high-quality commercial product in the form of round bars of cross section.

Ключевые слова: рециклинг, радиально-сдвиговая прокатка, металлолом, металл, интенсивная пластическая деформация.

Keyword: recycling, radial-shear rolling, metal scrap, metal, severe plastic deformation.

Одной из важнейших проблем в области охраны окружающей среды является проблема утилизации отходов различных производств и дальнейшее их потребление. Поэтому уже не одно десятилетие во всем мире уделяется большое внимание разработке различных способов не только утилизации отходов, но и их переработки, т.е. рециклинга, в том числе металлолома.

«Железный мусор» составляет особую категорию отходов, которую называют металлоломом. Идеальное современное решение для утилизации металлолома является вторичная переработка его с целью дальнейшего использования для нужд человека.

Трудно не согласиться, что одним из простых способов переработки лома черных металлов и сплавов является его переплавка и дальнейшее вторичное использование. Но в настоящее время набирает оборот и другой способ переработки, вышедших из строя металлоизделий, это технология рециклинга, путем обработки этих металлоизделий с применением горячей радиально-сдвиговой деформации. И одной из таких технологий является инновационная технология рециклинга насосных штанг с применением технологии и министанов радиально-сдвиговой прокатки в условиях ОАО «Очерский машиностроительный завод» [1] и бывших в эксплуатации железнодорожных осей [2].

Мы же предлагаем использовать данную технологию и для переработки обычного металлолома черных металлов в условиях Акмолинского филиала АО «Казваторчермет», с целью получения высококачественного торгового продукта в виде прутков круглого поперечного сечения.

В настоящее время на АФ АО «Казваторчермет» имеется большое количество черного лома (рисунок 1), который можно было бы так же подвергнуть обработке на стане радиально-сдвиговой прокатки с целью получения высококачественных прутков с мелкозернистой структурой и повышенным уровнем механических свойств.



Рис. 1. Номенклатура черного лома на металлобазе АФ АО «Казваторчермет»

Представленная на рисунке 1 номенклатура металлолома включает, как длинномерные прутки черных металлов различного диаметра, так и обрезки прутков черных металлов различного диаметра, а так же арматура (так же различного диаметра и длины).

С целью подтверждения возможности осуществления рециклинга различного металлического лома был проведен лабораторный эксперимент на стане радиально-сдвиговой прокатки (рисунок 2) в условиях кафедры «Металлургия и горное дело» Рудненского индустриального института.



Рис. 2. Стан радиально-сдвиговой прокатки

В качестве исходной заготовки был выбран кусок ржавой арматуры диаметром 32 мм и длиной 500 мм, от которой был отрезан небольшой кусочек для подготовки микрошлифа. Прокатку арматуры на стане радиально-сдвиговой прокатки осуществляли следующим образом: исходный кусок арматуры предварительно нагревали в трубчатой печи сопротивления до температуры начала деформирования 12000С и выдержке при данной температуре. После нагрева заготовка подавалась к трехвалковой клети прокатного стана с коническими валками, которые за счет сил контактного трения захватывали её и за счет смещения осей валков, обеспечивали осевую составляющую сил прокатки, и, следовательно, поступательное движение прокатываемой заготовки. После нескольких проходов уже подстывшая заготовка отправлялась на подогрев и потом опять прокатывалась до необходимого диаметра, в нашем случае до диаметра 18 мм.

После осуществления процесса прокатки нами были подготовлены микрошлифы из исходной заготовки в виде арматуры и из полученного прутка диаметром 18 мм.

Проведенный анализ микроструктуры показал, что исходная структура арматуры имеет равноосные зерна феррита и перлита в техническом железе. Также следует отметить, что зерна и их границы видны достаточно чётко, структура неоднородна, в структуре имеются зёрна различной формы и размеров. В структуре исходной заготовки видны тёмные и светлые пятна. Тёмные пятна говорят о том, что помимо феррита в структуре присутствует перлит.

Благодаря нагреву и выдержке в микроструктуре металла произошло заметное перестроение решётки, а также образование новых, "здоровых" зёрен, как феррита, так и перлита. После радиально-сдвиговой прокатки расположение зёрен в структуре металла стало менее хаотичным, и более упорядоченным. В том числе произошло заметное измельчения размера зерна по всему сечению заготовки по сравнению с исходной структурой арматуры. При этом ближе к поверхности заготовки наблюдаются более мелкие зёрна, более-менее округлой формы, тогда как в центре заготовки структура зерна имеет вытянутые зерна, причём в хаотичных направлениях, но при этом всё равно структура мелкозернистая, что позволяет нам прогнозировать существенное повышение механических свойств готового горячекатаного прутка.

Вывод: проведенные исследования подтвердили не только возможность переработки различных отходов черных металлов, в том числе и арматуры, с получением торгового продукта в виде металлического прутка, но и возможность получения при этом мелкозернистой структурой, что обес-

печит существенное повышение механических свойств, а соответственно и качество получаемых металлоизделий.

Список литературы:

1. Инновационная технология рециклинга насосных штанг с применением технологии и министанов радиально-сдвиговой прокатки в условиях ОАО «Очерский машиностроительный завод»/ Галкин С.П., Романцев Б.А. и др./ Инженерная практика, 2014 №9. – С. 58-61.
2. Гревцева В.В., Галкин С.П. Экспериментальное опробование технологии повторного использования железнодорожных осей с применением радиально-сдвиговой прокатки./ 72-е Дни науки студентов НИТУ "МИСиС", 2017 (<https://4science.ru/events/sciencedays72/theses/8a1ce0bac4434463b73d23a21350cf08>).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН БРАКА ПРИ ПРОКАТКЕ ШАРОВ НА СТАНЕ ШПС 30-60 МЕТАЛЛОПРОКАТНОГО ЗАВОДА АО «ССГПО» И ПОИСК РЕШЕНИЙ ИХ ИСКЛЮЧЕНИЯ

*В.Н. Иванов, студ., А.Б. Найзабеков, д.т.н., профессор, С.Н. Лежнев, к.т.н., доцент
Рудненский индустриальный институт
111500, Костанайская обл., г. Рудный, ул. 50-лет Октября 38, тел. +7(71431)50703
E-mail: sergey_legnev@mail.ru*

Аннотация: Основными потребителями мелющих шаров, являются горно-металлургическая, цементная и энергетическая отрасли, в этих отраслях одной из основных и весьма распространенных операций является измельчение различных материалов. Катаные стальные шары в основном получают пластической деформацией на станах поперечно-винтовой прокатки. Технологические ограничения, имеющиеся в настоящее время на МПЗ АО «ССГПО», повышения групп твердости и повышения износостойкости шаров не позволяют в настоящее время быстро повысить их качество. Но в то же время при условии повышения качества готовой продукции у МПЗ АО «ССГПО» может появиться возможность реализации шаров не только между своих предприятий, а и на внутренний рынок, а так же появиться возможность и развития экспортных продаж шаров в страны ближнего и дальнего зарубежья. Поэтому в данной работе приведены результаты исследования основных причин брака при запуске прокатки шаров на стане ШПС 30-60 металлопрокатного завода АО «ССГПО» и осуществлен поиск решений их исключения.

Abstract: The main consumers of grinding balls are mining, metallurgical, cement and energy industries. In these industries one of the main and very common operations is the grinding of various materials. Rolled steel balls are mainly produced by plastic deformation on cross-screw rolling mills. Technological limitations of increasing the hardness groups and the wear resistance of the balls currently available at the MRP of JSC "SSGPO", and they do not allow currently to quickly improve their quality. But at the same time, if the quality of finished products is improved, the MRP of JSC "SSGPO" may have the opportunity to sell balls not only between its enterprises, but also to the domestic market, as well as the opportunity to develop export sales of balls to the countries of near and far abroad. Therefore, this paper presents the results of the study of the main causes of defects at the ball rolling mill 30-60 of metal rolling plant JSC "SSGPO" and the search for their exclusion.

Ключевые слова: мелющие шары, шаропрокатный стан, брак, металлопрокатный завод, марка стали.

Keyword: grinding balls, ball rolling mill, defects, metal rolling plant, steel grade.

Мелющие шары находят себе широкое применение в различных отраслях промышленности. Применяются шары в качестве мелющих тел в шаровых мельницах, где требуется измельчить исходный материал до необходимой фракции. Шаровые мельницы широко используются в металлургии, при горной добыче, на обогатительных фабриках, в производстве цемента, строительных материалов, в химической промышленности и т.д.

Существует несколько способов изготовления мелющих тел – литье,ковка, традиционная штамповка, винтовой прокат. Самой целесообразной с экономической точки зрения признается методика прокатки заготовки круглой формы на специальном шаропрокатном стане. Она обеспечивает малую себестоимость готовых шаров, высокую скорость выполнения работ и качественные характеристики получаемых изделий для помола [1].

Первоначально при запуске Металлопрокатного завода (МПЗ) АО «ССГПО» производство мелющих шаров осуществлялось на двух шаропрокатных станах ШПС 40-60 производства КНР (Китай) с суммарной проектной мощностью обоих станом 12 тыс. тонн мелющих шаров год, но фактическая достигнутая годовая мощность станом составила только 7,8 тыс. тонн мелющего шара диаметром 40. Поэтому с целью увеличения объема производства в 2015 году было принято решения установки на МПЗ АО «ССГПО» нового шаропрокатного стана ШПС 30-60. На момент запуска данного стана на МПЗ действовал собственный стандарт предприятия СТ АО 00186789-10310-2011 «Шары мелющие катаные, поставляемые металлопрокатным заводом управлению рудоподготовки, обогащения и окомкования. Технические требования», по которому шары должны быть изготовлены из следующих шаровых марок стали Ш1, Ш2 и Ш3.

В пуско-наладочный период нового стана на Металлопрокатном заводе АО «ССГПО» были выявлены многократные выходы брака по причине хрупкого раскалывания шаров после их выхода из закалочного устройства (рисунок 1). Выход брака шаров происходил внезапно по ходу процесса производства и также внезапно прекращалось их раскалывание при одних и тех же параметрах настройки технологии стана.

Поэтому перед предприятием встала задача определить основные причины появления брака при прокатке шаров на стане ШПС 30-60 и найти решения для их устранения.

Так периодический отбор проб шаров для исследования химического состава показал, что химический состав стали шаров соответствует марке Ш-2 по стандарту предприятия, так как имеет место быть варьирования содержания углерода в стали в пределах от 0,5% до 0,9%. Содержание таких элементов, как марганец составляло не более 0,8%, а кремния – не более 0,37%, т.е. в количествах технологической примеси и не оказывало существенного влияния на свойства шаров. При этом сразу была выявлена зависимость между химическим составом и возникновением хрупкого раскалывания шаров – после закалки хрупкое раскалывание возникало на шарах с содержанием углерода 0,75% и более.



Рис. 1. Фото скола мелющих шаров после проведения их закалки

Так же было особое внимание обращено температуре шаров после подстуживающего устройство, т.е. температуре шаров при которой проводится их закалка, оптический пирометр стана на данном участке линии фиксировал температуру шаров на значении $870 \div 900^\circ \text{C}$. Данная температура шаров из эвтектоидных и заэвтектоидных сталей чересчур высокая для проведения их закалки, она подходит для закалки шаров из доэвтектоидных сталей с содержанием углерода не более 0,5% углерода. Поэтому для снижения температуры шаров перед закалкой было предпринято снижение скорости вращения барабана подстуживающего устройства, при котором скорость вращения барабана была снижена с 20 до 16 оборотов в минуту. Данное замедление позволило снизить температуру шаров до $810 \div 840^\circ \text{C}$, дальнейшее замедление скорости вращения барабана оказалось не возможным. Это приводило к тому, что из-за большого потока шаров с прокатной клетки в подстуживающем устройстве задерживалось чересчур большое количество шаров. С уменьшением скорости вращения подстуживающего устройства происходит переполнение его барабана шарами. Шары в подстуживающем устройстве должны перемещаться перекатываясь по спиральным перегородкам внутри барабана. При переполнении барабана подстуживающего устройства шарами перемещение шаров в нем приобретает водопадный режим, как в мельнице (рисунок 2).

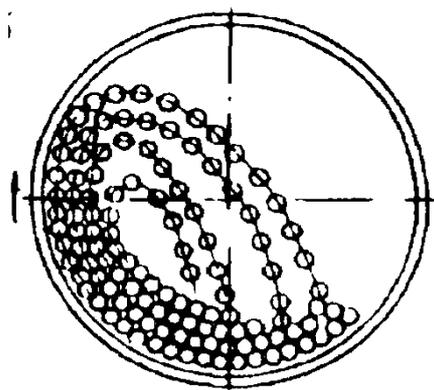


Рис. 2. Водопадный режим перемещения шаров в переполненном подстуживающем устройстве

При таком перемещении шаров в барабане шары переваливаются через спиральную перегородку в соседний виток, тем самым сокращая путь и время пребывания шара в устройстве. При такой работе подстуживающего устройства интенсивность остужения, привода устройства воспринимает перегруз и ударение шаров о внутренние стенки барабана отрицательно влияют на конструктивные элементы устройства. Эти обстоятельства снижают эффективность дальнейшего (меньше 16 об/мин) уменьшения скорости вращения барабана.

Но при этом также было понимание того, что даже если удалось бы достичь остужения шаров до необходимой температуры $750 \div 800^\circ \text{C}$ это позволило бы только избежать хрупкого раскалывания шаров с содержанием углерода $\geq 0,8\%$, но имеющиеся в общем объеме производства доэфектоидные шары с содержанием углерода $0,5 \div 0,6\%$ будут подвергаться «неполной закалке». Данное обстоятельство

также будет приводить к выходу брака шаров по причине недостаточной твердости и низкими эксплуатационными показателями шаров в мельницах при измельчении железорудного сырья.

По итогам пусконаладочного периода нового стана ШПС 30-60 были выявлены следующие причины, не позволяющие наладить технологию и исключить выход брака при производстве термически упрочненных мелющих шаров на новом стане ШПС 30-60:

1. Стандартом предприятия СТ АО 00186789-10310-2011 предусмотрена производство шаров из высокоуглеродистых марок стали ($>0,75\%$), для закалки которых подстуживающее устройство стана не позволяла осуществить снижение температуры горячих шаров до необходимого значения.
2. Стандартом предприятия СТ АО 00186789-10310-2011 заложены чересчур большие пределы допусков на содержание углерода в сталях для производства шаров от 0,5 до 0,9%, стали по нижнему и верхнему пределу допусков подвергаются разным видам закалки.
3. Стандартом предприятия СТ АО 00186789-10310-2011 не регламентировано содержание в химическом составе стали мелющих шаров по элементам: хром, никель и медь, которые попадают в жидкую сталь с шихтой.

По завершению пусконаладочного периода нового стана ШПС 30-60 в технологическом регламенте нового стана было регламентировано новые пределы по содержанию углерода в стали шаров от 0,6 до 0,7%.

В таблице 1 отобраны марки стали из ГОСТа 5950-73 наиболее приемлемые к применению для производства гостовских мелющих шаров 4 группы твердости на стане ШПС 30-60 из условия осуществимости их закалки на стане и с наименьшим легированием дорогостоящими элементами, т.е. легированным только одним элементом, желателен, наиболее доступным хромом.

Марки стали, приведенные в таблице выше, для производства мелющих шаров 4 группы твердости согласно ГОСТа 7524-89 на этапе сталеплавильного передела потребует дополнительных расходов на такие ферросплавы: ферросиликохром или феррохром. Хром является очень тугоплавким элементом, поэтому легирование стали хромом непростая операция, кроме того, хром увеличивает сопротивляемость стали пластической деформации, что будет создавать трудности при прокатке заготовки из такой стали на сортовом стане.

Таблица 1

Марки стали по ГОСТ 5950-73 для производства мелющих шаров 4 группы на стане ШПС 30-60, %

Марка стали	Массовая доля элементов, %							
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni
4XC	0,35-0,45	1,20-1,60	0,15-0,45	1,30-1,65	-	-	-	-
6CX	0,60-0,70	0,60-1,00	0,15-0,45	1,00-1,30	-	-	-	-
7X3	0,65-0,75	0,10-0,40	0,15-0,45	3,20-3,80	-	-	-	-
8X3	0,75-0,85	0,10-0,40	0,15-0,45	3,20-3,80	-	-	-	-

Из перечисленных в таблице 1 марок стали наибольший интерес к применению представляет сталь марки 6СХ, которая имеет приемлемое содержание углерода и наименьшее содержание легирующих элементов. Критические температурные точки стали, приведены 6СХ в таблице 2.

Таблица 2

Критические температурные точки стали марки 6СХ [2]

Температура начало фазовых превращений	Температура конца фазовых превращений	Температура конца мартенситного превращения
Ac ₁	Ac ₃	M _n
770° С	830° С	250° С

По данным, приведенным в таблице 2, определяется, что закалка шаров из стали 6СХ осуществляется с температуры нагрева:

$$830 + (30 \div 50) = 860 \div 880^{\circ} \text{С}.$$

При закалке шаров из этой марки стали потребуется резкое охлаждение шаров с температуры закалки до температуры 250° С. Тем самым, становится ясно, что данная марка стали идеально подходит под технологическую линию стана ШПС 30-60 и имеет минимальное легирование среди марок стали по ГОСТ 5950-73.

В тоже время согласно действующему технологическому регламенту на производство проката на сортовом стане СПС 320 Металлопрокатного завода АО «ССГПО» к маркам стали исходной заготовки предъявлены следующие требования по содержанию легирующих элементов: марганец не более 1,20%; кремний не более 0,90%; хром не более 0,35%; медь не более 0,35%; никель не более 0,35%; сера не более 0,055%; фосфор не более 0,045%.

Вышеприведенные требования к химическому составу стали предъявлены с учетом обеспечения максимальной пластичности заготовки при горячей деформации между валками сортового стана, а также при правке круглого стали в холодном состоянии на правильной машине. Весь объем круглой исходной заготовки нового шаропркатного стана подвергается правке для последующего его нагрева в индукционной нагревательной установке стана. Содержание хрома в составе стали в количестве 1% ухудшает способность стали подвергаться холодной правке и гибке.

Так же хочется отметить, что в настоящее время в электросталеплавильном цехе МПЗ АО «ССГПО» выплаваются марки стали, легированные только марганцем или кремнием, содержание хрома в которых удерживают в количествах технологической примеси (не более 0,35%). При выплавке же в электросталеплавильной печи стали марки 6СХ, ванна такой печи будет загрязнена хромом, поэтому такая ванна печи будет непригодной для выплавки других марок стали из номенклатуры цеха. Поэтому внесение новой марки стали в номенклатуру продукции электросталеплавильного цеха МПЗ АО «ССГПО» сильно усложнит технологическую схему, а также подразумевает применение нового ферросплава – ферросиликохром.

Поэтому в такой ситуации наилучшим решением является выбрать марку стали из номенклатуры уже выплаваемых сталей. Как уже было отмечено выше марки стали Ш-1, Ш-2 и Ш-3 из стандарта предприятия СТ АО 00186789-10310-2011 могут применяться только лишь с учетом поправок пределов допусков по держанию углерода, т.к. согласно стандарта эти марки имеют чересчур большие пределы допусков к содержанию углерода, разница между нижним и верхним пределами достигает 0,3%. Во всех гостовских требованиях к химическому составу по маркам стали интервал пределов допуска по углероду не превышает 0,1%. Содержание хрома, никеля и др. элементов стандартом предприятия вообще не регламентируется, что, безусловно, является неверным подходом к обеспечению стабильного качества выпускаемых мелющих шаров.

Наибольший интерес из других марок, уже выплаваемых сталей в электросталеплавильном цехе, представляет применение для производства мелющих шаров стали марки 65Г по ГОСТ 14959-79 «Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали» (таблица 3). Данная марка стали на МПЗ АО «ССГПО» используется для изготовления мелющих стержней диаметром 100 мм для стержневых мельниц. Технология выплавки данной марки стали давно отработана технологическим персоналом электросталеплавильного цеха, т.к. заготовки из этой марки стали являются постоянной номенклатурой производства.

Таблица 3

Химический состав стали марки 65Г, %							
C	Mn	Si	Cr	P	S	Cu	Ni
0,62-0,70	0,90-1,20	0,17-0,37	0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

Еще одним плюсом в пользу выбора данной марки стали для производства шаров 4-й группы твердости стал и тот факт, что до 2016 года данная сталь не могла быть использована для производства мелющих шаров, так как такие шары не могли реализовываться сторонним потребителям по ГОСТ 7524-89, так как не отвечали требованиям гостовских шаров по химическому содержанию. Данное обстоятельство бы не позволяло МПЗ АО «ССГПО» осуществлять поставку своих шаров сторонним организациям, т.к. потребность внешнего рынка была в гостовских шарах. В этом случае бы МПЗ АО «ССГПО» смогло бы осуществлять поставку мелющих шаров по стандарту предприятия СТ АО 00186789-10310-2011 только структурным подразделения объединения АО «ССГПО». В 2014 году взамен ГОСТ 7524-89 Государственным предприятием «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь») разработан и предложено к принятию Евразийскому совету по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) новая версия ГОСТ 7524. А в начале 2016 года была получена директива, что протоколом за №79-П от 27 августа 2015 года Госстандарт Республики Казахстан проголосовал за принятие новой версии ГОСТ 7524-2015 взамен ГОСТ 7524-89. Новая версия стандарта для всех групп твердости шаров регламентирует минимальный углеродный коэффициент используемых при изготовлении шаров марок стали (п.5.1.5). В пункте 5.1.6 обновленной версии ГОСТ 7524-2015 указана допустимость изготовления мелющих шаров из марок стали по ГОСТ 5950 и ГОСТ 14959.

Поэтому в настоящее время, нет ни каких препятствий для производства мелющих шаров из стали 65Г.

Закалка шаров из стали марки 65Г без проблем может осуществляться с температуры 800÷820 °С, и при закалке шаров потребуются резкое их охлаждение до температуры 270° С (Таблица 4).

Таблица 4

Критические температурные точки стали марки 65Г [2]		
Температура начало фазовых превращений	Температура конца фазовых превращений	Температура конца мартенситного превращения
Ac ₁	Ac ₃	M _n
721° С	750° С	270° С

На основе выше приведенного можно сделать вывод, что для Металлопрокатного завода АО «ССГПО» производство мелющих шаров 4-й группы твердости на шаропркатном стане ШПС 30-60 из марки стали 65Г является наиболее выгодной с точки зрения экономической оправданности, за счет исключения использования дополнительных дорогостоящих ферросплавов, эффективного использования футеровки ванн электросталеплавильных агрегатов и сталеразливочных ковшей, особенности технологии прокатки на сортовом стане и простоты перехода к производству мелющих шаров из данной марки стали.

Список литературы:

1. Несвижский О.А. Производство мелющих тел для шаровых мельниц. – М: Машгиз, 1961. – 149 с.
2. Марочник сталей и сплавов/ В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др; Под общ. ред. В. Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ ZnO-AG, ПОЛУЧЕННОГО ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАПЫЛЕНИЯ

Д.А. Романов, д.т.н., доц., С.В. Московский, асп., м.н.с., К.В. Соснин, к.т.н., с.н.с.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
654006 г. Новокузнецк, пр. Кирова 42, тел. +7(3843)-78-43-91*

E-mail: romanov_da@physics.sibsiu.ru

Аннотация: В работе впервые получены электроэрозионностойкие покрытия системы ZnO-Ag методом электровзрывного напыления. Структура покрытий изучена методом атомно-силовой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Сформированное покрытие является однородным по структуре композиционным материалом, состоящим из серебряной матрицы и расположенных в ней включений ZnO. На границе покрытие/подложка обнаружены поверхностные периодические структуры с длиной волны в среднем 3 нм. Проведены испытания напыленных покрытий на электроэрозионную стойкость в условиях дуговой эрозии. Предложен механизм образования иерархических уровней структуры электровзрывных покрытий. Механизм основан на теоретических представлениях образования и эволюции фрактальных агрегатов при диффузионно-лимитируемой и кластер-кластерной агрегациях. На основе электрических свойств серебра и оксида меди обоснована зависимость электрического контактного сопротивления от числа циклов включений/отключений в процессе испытаний на электроэрозионную стойкость.

Abstract: For the first time, electroerosion-resistant coatings of the ZnO-Ag system were obtained by electro-explosive spraying. The coating structure was investigated by atomic force microscopy and scanning electron microscopy. The formed coating is a homogeneous composite material consisting of a silver matrix and ZnO inclusions located in it. Surface periodic structures with an average wavelength of 3 nm were found at the coating / substrate interface. Tests of sprayed coatings for electrical erosion resistance under arc erosion conditions were carried out. A formation mechanism of hierarchical levels of the structure of electro-explosive coatings was suggested. The mechanism is based on theoretical concepts of the formation and evolution of fractal aggregates with diffusion-limited and cluster-cluster aggregations. Based on the electrical properties of silver and copper oxide, the dependence of electrical contact resistance on the number of on/off cycles in the process of testing for electrical erosion resistance is substantiated.

Ключевые слова: композиционное покрытие, серебро, оксид цинка, структура, электроэрозионная стойкость, свойства, электрический контакт.

Key words: composite coating, silver, zinc oxide, structure, electrical erosion resistance, properties, electrical contact.

Введение

Безопасность работы энергосистем, снижение потерь электроэнергии и экономия материальных ресурсов во многом определяется надежностью электрических контактов. Надежность электрических контактов обуславливает эффективность эксплуатации энергетического и промышленного оборудования, и в целом мировой энергосистемы. Из-за некачественных контактов происходит их нагрев, возрастают потери электроэнергии и возникают аварийные ситуации. По данным национальной ассоциации спасательных и экологических организаций 50% возгораний на промышленных предприятиях и в жилом фонде происходит из-за неисправности электроустановок, при этом 50% пожаров электрооборудования обусловлено отказами электрических контактов.

В настоящее время активно развиваются разнообразные инновационные технологии получения и обработки материалов. Реализовать в одном материале многообразный и противоречивый комплекс свойств, которыми должен обладать электроконтактный материал позволяет использование методов порошковой металлургии [1]. В настоящее время, разработано большое количество электроконтактных материалов для их применения в разнообразных условиях эксплуатации. В их состав входит, как правило, матрица, обладающая высокой электропроводностью, и тугоплавкий компонент (наполнитель) с высокой износ- и электроэрозионной стойкостью [2]. Наиболее перспективными для изготовления контактов являются ком-позиционные материалы на основе серебряной, медной, медно-никелевой, алю-миниевой матрицы и тугоплавкого наполнителя. К ним относят следующие системы: W-Cu, Mo-Cu, W-C-Cu, Mo-C-Cu, Ti-B-Cu, TiB₂-Cu, TiB₂-Al, W-Ni-Cu, Mo-Ni-Cu, Cr-Cu, Cr-Cu, CdO-Ag, SnO₂-Ag, CuO-Ag, ZnO-Ag W-Ag, Mo-Ag, W-C-Ag и Mo-C-Ag и др. [3–8].

Поскольку процесс разрушения материала начинается с его поверхности, для ряда практических применений, например, упрочнения контактных поверхностей средне- и тяжело нагруженных выключате-

лей и коммутационных аппаратов, перспективно формирование защитных покрытий, так как в этом случае важна электроэрозионная стойкость только поверхности контакта, а не всего объема. Экономически и технически целесообразно развивать подход к созданию материалов, при котором механическая прочность детали обеспечивается применением экономичных подложек, а специальные свойства поверхности – сплошным или локальным формированием на ней композиционных покрытий, свойства которых соответствуют эксплуатационным требованиям. Экономия при таком подходе может достигать 90%. Экспертные оценки подтверждают эту тенденцию. Одним из приоритетных направлений физики конденсированного состояния является разработка методов повышения эксплуатационных характеристик различных материалов. С учетом этого упрочнение поверхности дугостойких электрических контактов, является актуальной задачей развития новых современных технологий.

Цель работы – исследование структуры, морфологии фаз электровзрывного покрытия системы ZnO-Ag по средствам сканирующей и атомно-силовой микроскопии, а также проведение испытаний на электроэрозионную стойкость.

Материал и методики исследования

Объектом исследований являлись медные контакты контактора КПВ-604, на контактных поверхностях которых электровзрывным методом [9] было сформировано системы ZnO-Ag. В качестве взрываемого токопроводящего материала была использована фольга серебра массой 250 мг, на поверхность которой в область взрыва помещалась навеска порошка ZnO массой 120 мг. Время воздействия плазмы на поверхность образца ~100 мкс, поглощаемая плотность мощности на оси струи ~5,5 ГВт/м², давление в ударно-сжатом слое вблизи облучаемой поверхности ~12,5 МПа, остаточное давление газа в рабочей камере ~100 Па; температура плазмы на срезе сопла ~104 К, толщина зоны термического влияния ~50 мкм. Структуру и морфологию покрытия и прилегающего слоя подложки анализировали методами сканирующей (прибор Carl Zeiss EVO50) с приставкой для рентгеноспектрального анализа EDAX и атомно-силовой микроскопии (прибор Solver NEXT). Испытания на электроэрозионную стойкость покрытий в условиях дуговой эрозии проводили на контактах электромагнитных пускателей марки CJ20 при переменном токе и индуктивной нагрузке в соответствии с требованиями режима испытаний АС-3 на коммутационную износостойкость при работе в трехфазной цепи со значением низкого напряжения 400/230 В, частотой 50 Гц для током до 320 А и $\cos\varphi = 0,35$ и числе коммутационных циклов 6000.

Результаты исследования и их обсуждение

Методами сканирующей электронной микроскопии проведены исследования структуры и элементного состава поперечного шлифа системы «покрытие/подложка» сформированной электровзрывным методом. Характерное изображение структуры поперечного сечения покрытия состава ZnO-Ag приведено на рис. 1. Анализ полученных результатов показывает, что сформированное покрытие является однородным по структуре композиционным материалом (рис. 1, а, б). По морфологии структуры и контрасту травления формирующееся покрытие состоит из светлой серебряной матрицы и темных включений ZnO с размерами, изменяющимися в пределах от 0,3 до 0,5 мкм (рис. 1, б). Элементный состав покрытия анализировали методами микрорентгеноспектрального анализа. Результаты исследований представлены на рис. 1 в-д. Анализируя результаты, представленные на рис. 1 с-е, можно отметить, что концентрации меди (рис. 1 в), кислорода (рис. 1 г) и серебра (рис. 1 д) в покрытии незначительно изменяются по его толщине. Этот факт также свидетельствует о структурной однородности полученного покрытия.

Атомно-силовую микроскопию проводили в слое покрытия, расположенном на расстоянии 10 мкм (рис. 2) от поверхности покрытия, а также на границе раздела между покрытием и медной подложкой (рис. 3). Поскольку электровзрывное покрытие образовано серебряной матрицей и расположенными в ней частицами порошка ZnO, то мелкие частицы порошка ZnO могут выкрашиваться из матрицы при приготовлении шлифа. В этом случае на месте выпавших частиц образуются поры (темные области на рис. 2, а, б) глубиной от 30 до 100 нм и шириной от 2 до 5 нм (рис. 2, в). Частицы ZnO диспергируются до 2...5 нм в процессе электрического взрыва при формировании импульсной плазменной струи продуктов электрического взрыва проводников.

Также выявляются отдельные крупные частицы различной формы с размерами от 10 до 15 нм. Эти частицы ZnO не выкрашиваются из серебряной матрицы при приготовлении шлифа, резко выделяются цветом (они более светлые по сравнению с матрицей). Они хаотически расположены в серебряной матрице. Как видно из рис. 2, а, б крупные частицы имеют сложное строение. Характерными структурными единицами, из которых они состоят являются сферы (глобулы) диаметром от 2 до 5 нм

(это мелкие сферические частицы, описанные выше). Соотношение серебряной матрицы, крупных и мелких частиц порошка ZnO составляет 0,6:0,15:0,25. Если учесть, что крупные частицы ZnO состоят из более мелких глобулярных частиц ZnO, то соотношение серебряной матрицы и включений порошка ZnO составляет 0,6:0,4. Это соотношение пропорционально содержанию порошка ZnO и серебряной фольги, используемых для электровзрывного напыления. Средняя шероховатость профиля поверхности покрытия системы ZnO-Ag составляет 100 нм.

Таким образом удалось выявить важный структурный элемент – глобулу ZnO, частицу сферической формы диаметром от 2 до 5 нм. Налицо многоуровневая иерархическая структура покрытия системы ZnO-Ag в основе которой лежат однотипные сферические частицы ZnO диаметром от 2 до 5 нм. Единая структурная единица, из которой состоят включения ZnO, расположенные в серебряной матрице – очень важный аргумент в пользу фрактального механизма формирования электровзрывного покрытия. Такие частицы составляют первый иерархический уровень структуры электровзрывного покрытия системы ZnO-Ag. Второй иерархический уровень составляют глобулы крупных частиц различной формы с размерами от 10 до 15 нм, которые в свою очередь, формируют седимент частицы микронных размеров неправильной формы, выявленные методом сканирующей электронной микроскопии.

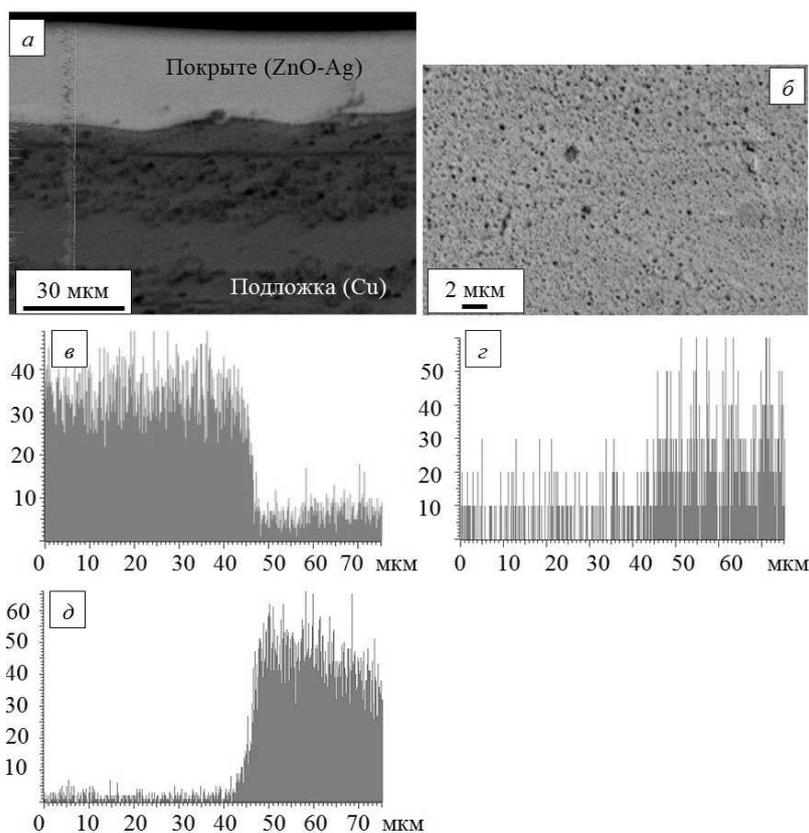


Рис. 1. Структура электровзрывного покрытия системы ZnO-Ag (а, б) и профили концентрации атомов меди (в), кислорода (з) и серебра (д) вдоль линии, указанной на (а). Концентрация меди определена по характеристическому рентгеновскому излучению $K\alpha_1$; концентрация кислорода – по $K\alpha_1$; концентрация серебра – по $L\alpha_1$

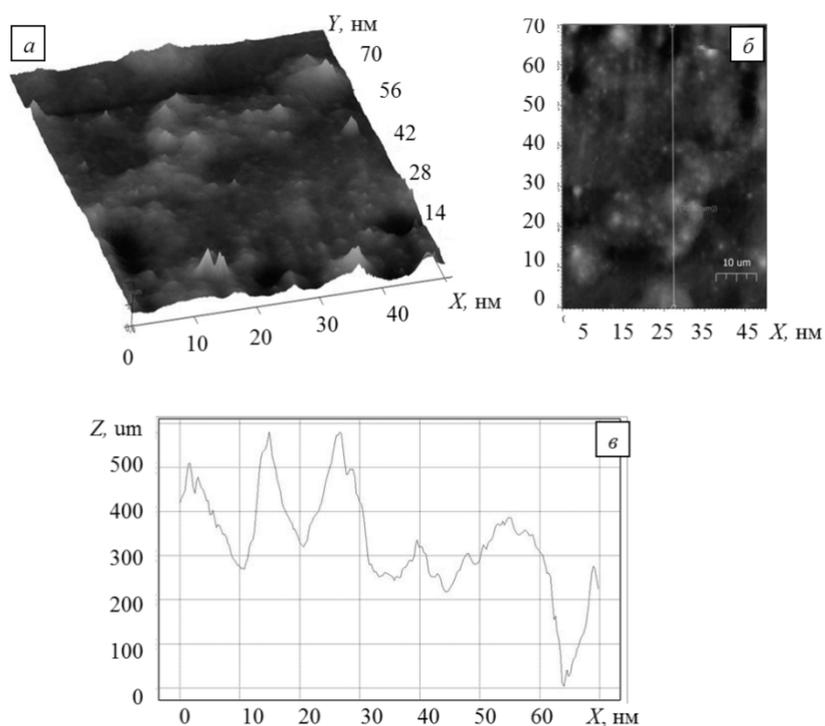


Рис. 2. Структура покрытия системы ZnO-Ag, выявленная методом атомно-силовой микроскопии
а – распределение неровностей рельефа по высоте в 3D формате, б – положение секущей (вид сверху), в – распределение неровности вдоль базовой длины

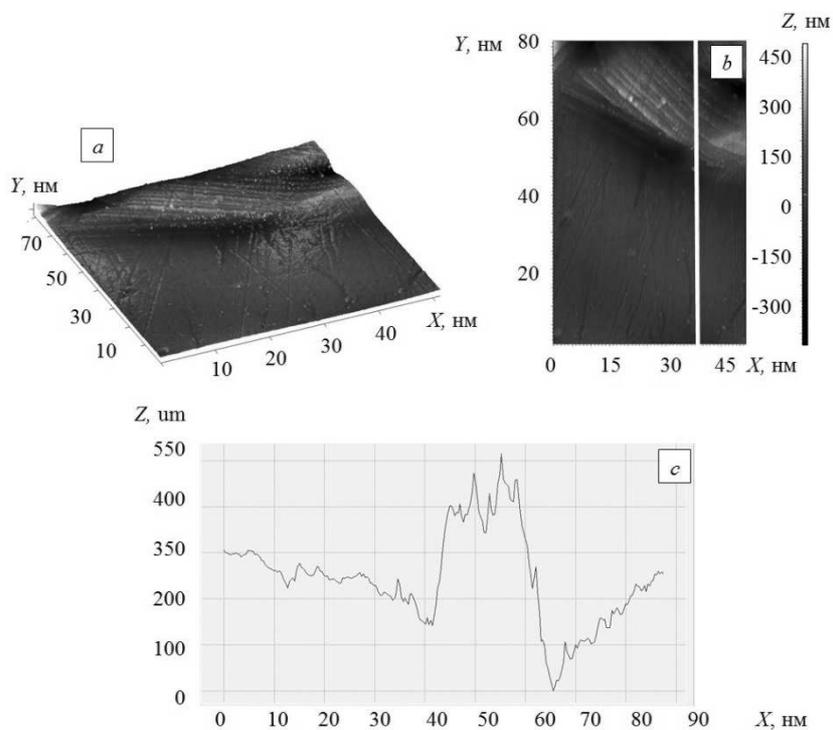


Рис. 3. Структура на границе покрытия ZnO-Ag с медной подложкой, выявленная методом атомно-силовой микроскопии
а – распределение неровностей рельефа по высоте в 3D формате, б – положение секущей (вид сверху), в – распределение неровности вдоль базовой длины

На границе раздела между покрытием и медной подложкой (рис. 3, а, б) различимы темные впадины размером от 10 до 15 нм. Из них выкрошились крупные частицы ZnO, о которых речь шла выше. Кроме того на границе раздела покрытие/подложка в серебряной матрице возникают поверхностные периодические структуры (ППС). Секущая, проведенная перпендикулярно данным структурным образованиям (рис 3, б, в) дает основание утверждать, что длина волны в них составляет в среднем 3 нм. Структуры представляют собой остаточный нанорельеф поверхности. После окончания воздействия импульсной плазменной струи продуктов электрического взрыва проводников на подложку и остывания поверхности наведенный рельеф закрепляется в виде ППС. Конкретными процессами их образования могут быть испарение, оплавление поверхности и вытеснение расплава избыточным давлением паров, термокапиллярные явления и термохимические реакции, термические деформации, возникновение и развитие различных неустойчивостей, таких как Релея-Гейлора [10], Кельвина-Гельмгольца [11], Марангони [12] и др. В целом явление носит универсальный характер и представляет собой пример самоорганизации в системе, где изначально отсутствуют выделенные направления и структуры [13]. Энергетические режимы получения ППС соответствуют нагреву материала до температуры, примерно равной температуре плавления (нижний предел), но не выше температуры развитого испарения [13]. Именно такой режим был использован при электровзрывном напылении в настоящей работе.

Профилометрия поверхности на рис. 3, а показала, что параметр шероховатости электровзрывного покрытия системы ZnO-Ag составляет 73 нм. Максимальный выступ профиля в этом случае достигает значения 536,85 нм, а впадина – 497,5 нм. Сравнивая параметры шероховатости на границе электровзрывного покрытия с подложкой (рис. 3) со значением параметра шероховатости в слое покрытия, расположенном на расстоянии 10 мкм (рис. 2) можно отметить, что они отличаются на 28 %. На рис. 3, а 35 % фотографии занимает подложка, а 65 % – покрытие. Это дает основание заключить, что шероховатость подложки ниже шероховатости покрытия. Это является закономерным, поскольку из-за выпавших из серебряной матрицы включений ZnO параметр шероховатости покрытия увеличивается.

Механизм сборки такого сложного многоуровневого ZnO в серебряной матрице можно представить следующим образом. Единый размер r_1 сферических частиц ZnO первого уровня иерархии может быть объяснен в рамках модели диффузионно-лимитированной агрегации по механизму диффузионно-лимитируемой агрегации «частица-кластер» [14]. В кластер, который превратится затем в сферу диаметром от 2 до 5 нм, собираются плазменные компоненты многофазной струи продуктов электрического взрыва проводников, распределенные в некотором эффективном объеме на некотором эффективном пространстве интерфейса подложки того же размера [14]. Следует отметить, что размер эффективного объема, в котором происходит образование заготовок сферических частиц первого уровня иерархии, будет зависеть от состава взрывааемых проводников и температуры. Образование кластеров ZnO происходит только на начальной стадии воздействия импульсной плазменной струи на подложку. На следующей стадии роста механизм агрегации «частица-кластер» перестает действовать, но размеры кластеров увеличиваются. Рост начинается одновременно и заканчивается синхронно по исчерпанию нахождения ZnO в плазменном состоянии, кластеры превращаются в частицы практически одинаковых размеров (при обсуждаемых условиях это сферы диаметром от 2 до 5 нм). Размеры частиц недостаточно велики, чтобы гравитационные силы могли доминировать. Иными словами: имеет место метастабильное состояние, в котором сферы диаметром от 2 до 5 нм поддерживаются во взвешенном состоянии в основном за счет броуновского движения и сил межмолекулярного взаимодействия с другими компонентами расплавленного металла. Под действием броуновских сил сферы продолжают хаотическое движение, которое стимулирует их агломерацию. Самосборка частиц первого иерархического уровня приводит к образованию второго иерархического уровня глобул размером r_2 от 10 до 15 нм. Образование этого иерархического уровня происходит в основном по кластер-кластерному механизму. Далее такие глобулярные частицы могут укрупняться за счет слипания в частицы микрометрового диапазона.

Заключение

Предложен механизм образования иерархических уровней структуры электровзрывных покрытий системы ZnO-Ag. Путем сопоставления изображений атомно-силовой микроскопии поверхности слоев электровзрывных покрытий системы ZnO-Ag установлены типичные размеры первого и второго иерархических уровней структуры, которые при использованных условиях напыления составляли от 2 до 5 нм и от 10 до 15 нм соответственно. Механизм самосборки иерархических наноструктур основан на теоретических представлениях образования и эволюции фрактальных агрегатов при диффузионно-лимитируемой и кластер-кластерной агрегациях. Такие электровзрывные покры-

тия используются для создания контактов переключателей мощных электрических сетей. На границе покрытие/подложка обнаружены поверхностные периодические структуры с длиной волны в среднем 3 нм. Они представляют собой остаточный нанорельеф поверхности, возникший после окончания воздействия импульсной плазменной струи продуктов электрического взрыва проводников на подложку и остывания поверхности.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-00013).

Список литературы:

1. Kondoh K. Powder metallurgy. Rijeka: InTech, 2012. 132 p.
2. Gerard F. Advances in condensed matter and materials research. New York: Nova Science Publishers, 2005. 253 p.
3. Taiasov K. A., Isupov V. P., Bokhonov B. B. et al. Formation of nanosized metal particles of cobalt, nickel and copper in the matrix of layered double. Journal of Materials Synthesis and Processing. 2000. Vol. 8. no. 1. P. 21–27. DOI: 10.1023/A:1009417626848
4. Russell A. M., Lee K. L. Structure-property relations in nonferrous metals. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. 501 p.
5. Talijan N. M. Electrical contact materials based on silver. Zastita Materijala. 2011. Vol. 52. no. 3. P. 173–180.
6. Qureshi A. H., Azhar S. M., Hussain N. The effect of cobalt addition on sintering and microstructural behaviour of silver–tungsten (Ag–W) composite. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2010. Vol. 99. P. 203–209. DOI: 10.1007/s10973-009-0152-y
7. Bukhanovsky V., Rudnytsky M., Grechanyuk M. et al. Vapour-phase condensed composite materials based on copper and carbon. Materials and technology. 2016. Vol. 50. no. 4. pp. 523–530. DOI: 10.17222/mit.2015.057
8. Nijssen R.P.L. Composite Materials An Introduction. Nijssen: Inholland University of Applied Sciences, 2015. 150 p.
9. Романов Д. А., Будовских Е. А., Громов В. Е и др. Физические основы электровзрывного напыления износо- и электроэрозионностойких покрытий. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2018. 321 с.
10. Obied An M. H. Overview of Linear and Nonlinear Rayleigh-Taylor Instability. Allah. Gen. Math. Notes. Vol. 20. no. 1. January 2014. P. 67-76.
11. Harding E.C., Hansen J.F., Hurricane O.A. et al. Observation of a Kelvin-Helmholtz Instability in a High-Energy-Density Plasma on the Omega Laser Phys. Rev. Lett. Vol. 103. 2009. P. 045005. DOI: 10.1103/PhysRevLett.103.045005.
12. Bratsun D. A., De Wit A. On Marangoni convective patterns driven by an exothermic chemical reaction in two-layer systems. Phys. Fluids. Vol. 16. no. 4. April 2004. P. 1082– 1096. DOI: 10.1063/1.1648641
13. Tian W., Qi L., Chao X. et al. Periodic boundary condition and its numerical implementation algorithm for the evaluation of effective mechanical properties of the composites with complicated micro-structures. Composites Part B: Engineering. Vol. 162. 1 April 2019. P. 1-10. DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.10.053
14. Asnaghi D., Carpineti M., Giglio M., Sozzi M. Coagulation kinetics and aggregate morphology in the intermediate regimes between diffusion-limited and reaction-limited cluster aggregation. Phys. Rev. A: At. Mol. Opt. Phys. Vol. 45. no. 2. 1992. P. 1018–1023. DOI: 10.1103/PhysRevA.45.1018

**ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ**

М.П. Шшикарев, д.т.н., проф.

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел. (863)-2-38-15-14*

E-mail: shishkarevm@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены теоретические основы адаптивной предохранительной фрикционной муфты с положительной обратной связью прямого действия и с дополнительным регулированием. Найдена зависимость величины вращающего момента дополнительного управляющего устройства обратной связи от текущего значения коэффициента трения, при которой муфта передает постоянный по величине вращающий момент, не зависящий от текущего значения коэффициента трения.

Abstract: The article deals with the theoretical basis of adaptive friction clutch with positive feedback of direct action and with additional regulation. The dependence of the torque value of the additional feedback control device on the current value of the friction coefficient, at which the clutch transmits a constant torque, independent of the current value of the friction coefficient, is found.

Ключевые слова: Адаптивная фрикционная муфта, коэффициент трения, положительная обратная связь, вращающий момент, управляющее устройство.

Keyword: Adaptive friction clutch, friction coefficient, positive feedback, torque, control device.

Введение

Обратная связь широко применяется в адаптивных фрикционных муфтах (АФМ), выполняющих функцию предохранительных устройств для защиты узлов и деталей машин от перегрузок вращающим моментом [1, 2]. Наиболее часто на практике находят применение АФМ с отрицательной обратной связью [1]. Оснащение АФМ этим типом обратной связи приводит к резкому уменьшению нагрузочной способности, поскольку действующая на фрикционную группу отжимная (распорная) сила уменьшает усилие ее замыкания, снижая тем самым силу трения.

Ввиду указанного недостатка АФМ с отрицательной обратной связью находят лишь незначительное применение в современной технике [3]. Кроме того, точность срабатывания упомянутых АФМ относительно невелика, что в ряде случаев не позволяет успешно решать задачи эффективной защиты от перегрузок приводов машин.

Положительная обратная связь в современных АФМ применяется как обособленный вид обратной связи [4], либо в виде компоненты в составе комбинированной положительно-отрицательной обратной связи.

Несомненным достоинством положительной обратной связи является увеличение нагрузочной номинальной способности АФМ, в составе которых она применяется. Сущность положительной обратной связи в составе АФМ заключается в том, что в процессе передачи нагрузки управляющее устройство (УУ) создает осевую силу, с помощью которой прижимаются друг к другу поверхности трения фрикционной группы. Величина упомянутой силы зависит от степени перегрузки привода и текущего значения коэффициента трения между фрикционными парами.

Схема АФМ с УУ положительной обратной связи, построенным на жестких конструктивных элементах, предусматривает увеличение прижимной силы по мере роста величины коэффициента трения и перегрузки в приводе. Таким образом, данный вариант муфты используется как предохранительное устройство, обеспечивающее повышенную надежность технологической машины при выполнении ею технологического процесса с определенной средой.

Точностная характеристика муфты не позволяет отнести ее к классу муфт, обеспечивающих высокую стабильность передаваемой нагрузки в условиях изменения величины коэффициента трения [4].

Проблема достижения высокой точности срабатывания АФМ с применением положительной обратной связи частично решена в работах [5, 6]. В первой из указанных работ для создания положительной обратной связи в АФМ использовано УУ, построенное на основе V-образных упругих лепестковых элементов с так называемым «отрицательным», относительно тел качения, углом наклона лепестков.

В процессе эксплуатации величина угла наклона лепестков уменьшается в зависимости от увеличения передаваемой нагрузки в связи с ростом значения коэффициента трения, что, соответственно, уменьшает величину силы прижатия друг к другу поверхностей трения фрикционных пар. Это обеспечивает автоматическое регулирование величины предельного вращающего момента АФМ во всем интервале изменения значения коэффициента трения.

Данный способ автоматического регулирования отличается относительной простотой конструктивной реализации АФМ, однако он не обеспечивает полной стабилизации величины вращающего момента. Причиной этого является упругая характеристика V-образного лепестка, которая не обеспечивает точного заданного соответствия величины прижимного усилия УУ обратной связи текущему значению коэффициента трения.

Во второй работе положительная обратная связь используется как компонента комбинированной – положительно-отрицательной обратной связи. При этом положительная обратная связь реализуется при помощи тех же технических средств, что и в первом случае.

В данном случае существует четкое разделение периодов действия обратной связи: положительной – в интервале изменения коэффициента трения $f_{\min} \dots f_{\text{cp}}$ (где f_{\min} , f_{cp} – соответственно минимальное и среднее (расчетное) значения коэффициента трения); отрицательной – в интервале $f_{\text{cp}} \dots f_{\max}$ (где f_{\max} – максимальное значение коэффициента трения).

Недостаток перечисленных способов заключается в недостаточно высокой точности срабатывания АФМ, оснащенных такими УУ обратной связи.

В работе [6] изложены основы теории полной стабилизации величины предельного вращающего момента АФМ с отрицательной одноконтурной обратной связью и с дополнительным устройством регулирования. Сущность способа, воплощенного в ходе проведенного исследования, заключается в том, чтобы «отобрать» часть вращающего момента, поступающего на вход УУ обратной связи.

Для воплощения данного способа предварительно установлено, что для реализации «идеальной» нагрузочной характеристики АФМ необходимо изменение величины распорной (отжимной) силы УУ по определенной закономерности.

Указанное изменение, реализуемое с помощью УУ с постоянной величиной КУ, возможно в случае, когда величина вращающего момента, поступающего на вход УУ, изменяется по определенному установленному закону, который отличается от закона, действующего в существующих АФМ с обратной отрицательной связью.

В работе [7] осуществлен синтез АФМ с отрицательной обратной связью, в которой частично реализован принцип дополнительного регулирования. Установлено, что данный модифицированный вариант АФМ обладает более высокой точностью срабатывания, несмотря на то, что дополнительное УУ не обеспечивает изменение величины вращающего момента, поступающего на вход основного УУ, в соответствии с заданной закономерностью.

Предварительный анализ показал, что идея упомянутого способа может быть использована в АФМ с положительной обратной связью.

Цель работы установление параметров дополнительного УУ в АФМ с положительной обратной связью прямого действия, обеспечивающих полную стабилизацию величины предельного вращающего момента муфты.

Основная часть

Обратимся к базовому варианту АФМ с положительной обратной связью прямого (непосредственного) действия, принципиальная схема которой показана на рис. 1.

Муфта состоит из двух полумуфт 1 и 2, кинематически связанных одна с другой пакетом фрикционных дисков 3 и 4. Диски 3 соединены посредством шлицев со ступицей нажимного диска 5, который лишен кинематической связи в окружном направлении со ступицей полумуфты 1, за исключением незначительного трения, не учитываемого в дальнейшем исследовании. Диски 4 соединены аналогичным способом с барабаном полумуфты 2.

Между упорным диском 6 и крайним левым (по рис. 1) фрикционным диском 4 установлен упорный подшипник 7, следовательно, компоновочная схема фрикционной группы муфты выполнена по типу «все пары трения ведущие» [11].

УУ муфты выполнено в виде тел качения 8, которые размещены в гнездах со скошенными боковыми стенками нажимного диска 5 и опорной втулки 9, жестко установленной на ступице полумуфты 1 (рис. 1, сечение А-А).

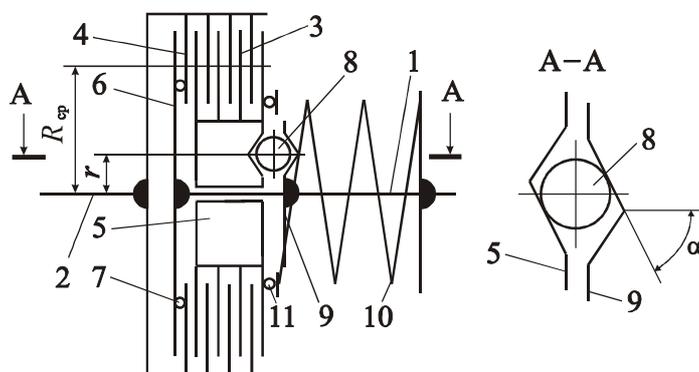


Рис. 1. Принципиальная схема АФМ с положительной обратной связью

Силовое замыкание пар трения, необходимое для возбуждения начального момента сил трения и, следовательно, прижимной силы F_p в процессе работы, осуществляется пружиной 10, установ-

ленной с предварительным натяжением и передающей усилие на нажимной диск 5 посредством упорного подшипника 11.

В процессе работы нажимной диск 5 воздействует на тела качения 8, которые передают вращающий момент от полумуфты 1 на полумуфту 2, в результате чего между телами качения и стенками гнезд возникает нормальная сила F_N , которую можно разложить на составляющие F_t – окружную (тангенциальную) силу и F_p .

Величина силы F_p зависит, очевидно, от значения нормальной силы F_N , которое, в свою очередь, определяется величиной вращающего момента, воспринимаемого нажимным диском 5. Величина вращающего момента, поступающего на нажимной диск, зависит от текущего значения коэффициента трения между фрикционными дисками 3 и 4, значения текущей силы прижатия друг к другу дисков трения, а также от параметров фрикционной группы муфты.

Сила F_p , действующая на поверхности трения фрикционных дисков 3 и 4, обеспечивает дополнительное прижатие их друг к другу. В соответствии с этим запишем выражение для вычисления величины текущей прижимной силы F_{pi} :

$$F_{pi} = \frac{T_{ni}}{r} \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где T_{ni} – вращающий момент, действующий на нажимной диск 5; α – угол скоса боковой стенки гнезда под тело качения 8 (см. рис. 1, сечение А-А); r – радиус окружности, на которой расположены тела качения 8 (рис. 1).

Выражение для вычисления величины предельного вращающего момента АФМ запишем в общем виде:

$$T_{ni} = z R_{cp} f_i (F_n + F_{pi}), \quad (2)$$

где z – число пар поверхностей трения фрикционной группы; R_{cp} – средний радиус поверхностей трения; f_i – значение текущего коэффициента трения; F_n – сила натяжения пружины 10; F_{pi} – см. выше.

Выражение (2) записано в соответствии с общими принципами действия положительной обратной связи.

В работе [3] приведены результаты исследования условия получения «идеальной» нагрузочной характеристики АФМ, оснащенной положительной обратной связью. «Идеальная» нагрузочная характеристика муфты означает полное отсутствие зависимости величины предельного вращающего момента от коэффициента трения.

Упомянутое условие в математической форме имеет следующий вид:

$$F_{pi} = F_n \left(\frac{f_{\max}}{f_i} - 1 \right). \quad (3)$$

Обозначения остальных параметров в формуле (3) приведены выше.

Анализ формулы (3) показывает, что максимальная величина прижимной силы равна

$$F_{p\max} = F_n \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\min}},$$

а минимальная величина – нулю при значении $f_i = f_{\max}$.

После подстановки в выражение (2) правой части соотношения (1) решим составленное уравнение относительно неизвестного T_{ni} . Имеем

$$T_{ni} = z F_n R_{cp} \frac{f_i}{1 - z C f_i}, \quad (4)$$

где C – коэффициент усиления (КУ) положительной обратной связи: $C = R_{cp} \operatorname{tg} \alpha / r$.

По условию компоновки рассматриваемой АФМ принято $\alpha = \operatorname{const}$ (рис. 1, сечение А-А).

Подставляя правую часть соотношения (4) в выражение (1), запишем формулу для вычисления величины прижимной силы:

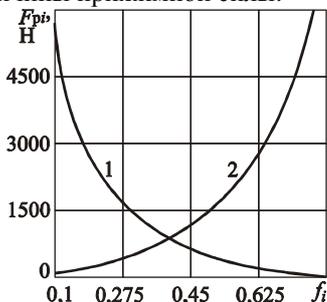


Рис. 2. Зависимости прижимной силы реальной и «идеальной» АФМ третьего поколения от коэффициента трения

$$F_{pi} = zF_n C \frac{f_i}{1 - zCf_i} . \quad (5)$$

Для получения «идеальной» нагрузочной характеристики величина прижимной силы должна изменяться в соответствии с зависимостью (3).

Рассмотрим, с целью сопоставления закономерностей изменения величин сил F_{pi} , согласно соотношениям (3) и (5), графики, изображенные на рис. 2. Кривые 1 и 2, отражающие соответственно зависимости (3) и (5), построены по следующим исходным данным: $F_n = 800$ Н, $z = 4$, $f_{max} = 0,8$. Величина C , которая зависит от угла давления α (см. выше), вычислялась с учетом следующего обстоятельства.

Схема положительной обратной связи в АФМ предполагает нажимное действие тел качения на нажимной диск 5. Исходя из условия, исключающего самоторможение (заклинивание) пар трения 3 и 4, должно выполняться неравенство вида:

$$\operatorname{tg} \alpha_{max} < f_{max} ,$$

где α_{max} – максимальное, по условию отсутствия самоторможения элементов пар трения, значение угла скоса боковой стенки гнезда под тело качения.

При $R_{cp} = 0,09$ м, $r = 0,03$ м и $\operatorname{tg} \alpha = 0,7$ получаем $C = 0,3125$.

Кривые, изображенные на рис. 2, показывают, что характер изменения величин F_{pi} неодинаков: в соответствии с требуемым характером изменения величины силы F_{pi} она должна уменьшаться от максимума при значении коэффициента трения f_{min} до нуля при значении f_{max} (кривая 1), тогда как в АФМ, выполненной по схеме согласно рис. 1, сила F_{pi} увеличивается от минимума при значении f_{min} до бесконечности при значении f_{max} (кривая 2).

В последнем случае обращение величины силы F_{pi} при значении коэффициента трения f_{max} в бесконечность физически означает самоторможение пар трения 3 и 4 (см. выше).

В случае использования в АФМ с положительной обратной связью принципа дополнительного регулирования устройство дополнительной обратной связи должно «отбирать» часть вращающего момента, поступающего на основное УУ положительной обратной связи, с тем, чтобы обеспечить разгрузку последнего и требуемую разность между величинами вращающих моментов реальной АФМ (по схеме на рис. 1) и «идеальной» муфтой с положительной обратной связью.

Величина вращающего момента, передаваемого «идеальной» муфтой с положительной обратной связью, должна быть независимой от текущего значения коэффициента трения и равна

$$T_n = zF_n R_{cp} f_{max} . \quad (6)$$

Формула (6) отражает отсутствие прижимной силы УУ положительной обратной связи при максимальном значении коэффициента трения.

Величина вращающего момента, который должно передавать дополнительное УУ, определяется как указанная выше разность, что, с учетом соотношений (4) и (6) дает:

$$T_{ni1} = T_{ni} - T_n = zF_n R_{cp} \left(\frac{f_i}{1 - zCf_i} - f_{max} \right) . \quad (7)$$

График функции (7) приведен на рис. 3 (кривая 1). Прямая 2 на этом же рисунке отражает график нагрузочной характеристики «идеальной» АФМ с положительной обратной связью, а кривая 3 – график функции (4).

Графики построены по приведенным выше исходным данным.

Графики (кривые 1 и 3) показывают, что величины соответствующих вращающих моментов изменяются по аналогичным закономерностям, однако для реализации схемы АФМ с дополнительным регулированием в интервале значений коэффициента трения $f_i = 0,1 \dots 0,37$ необходим не «отбор» части вращающего момента, поступающего на основное УУ положительной обратной связи, а, наоборот, поступление дополнительного вращающего момента.

В интервале значений $f_i = 0,37 \dots 0,8$ необходим «отбор» части вращающего момента, поступающего от полумуфты 1 на основное УУ положительной обратной связи.

Поскольку муфта, оснащенная только одним, основным УУ положительной обратной связи, создает максимальную по величине прижимную силу при минимальном значении коэффициента трения, необходимо для выполнения первого из указанных выше условий применение дополнительного устройства, создающего дополнительную прижимную силу.

Однако максимальная прижимная сила создается за счет полного вращающего момента АФМ, поэтому резерва мощности для создания дополнительной прижимной силы нет.

Увеличение прижимной силы, создаваемой основным УУ, возможно за счет соответствующего увеличения КУ положительной обратной связи. Однако в этом случае произойдет уменьшение значения коэффициента трения, при котором наступает самоторможение пар трения. Поэтому дополнительное УУ обратной связи должно блокировать подачу вращающего момента на основное УУ положительной обратной связи, исключая самоторможение пар трения в определенном интервале значений коэффициента трения. При этом дополнительное УУ обратной связи, являющееся единственным регулятором величины вращающего момента в указанных условиях, должно обеспечивать уменьшение значения прижимной силы по соответствующему закону.

Обсуждение и результаты. Результаты исследования базового варианта АФМ с положительной обратной связью прямого действия показали низкую точность срабатывания, в связи с чем предполагается при сохранении базовой части муфты введение в конструкцию дополнительного УУ обратной связи.

Найденная зависимость величины вращающего момента дополнительного УУ обратной связи от текущего коэффициента трения позволяет теоретически стабилизировать величину вращающего момента АФМ.

Для осуществления поставленной задачи необходима комбинированная схема УУ дополнительной обратной связи, обеспечивающая, в зависимости от текущего значения коэффициента трения, подачу или отбор части вращающего момента на основное УУ.

Результаты исследования могут быть использованы в последующих изысканиях, направленных на осуществление синтеза принципиальной и конструктивной схем АФМ с положительной обратной связью прямого действия, обладающей высокой точностью срабатывания за счет системы дополнительного регулирования.

Выводы

1. Исходный вариант АФМ с положительной обратной связью прямого действия не обладает высокой точностью срабатывания, вследствие чего она не может быть использована в качестве надежного предохранительного устройства.
2. Предварительные исследования показали, что применение принципа дополнительного регулирования в АФМ с положительной обратной связью может существенно повысить точность ее срабатывания.
3. Найдена зависимость вращающего момента дополнительного УУ обратной связи от текущего коэффициента трения, при реализации которой АФМ с положительной обратной связью прямого действия передает постоянный по величине, не зависящий от текущего значения коэффициента трения, вращающий момент.
4. Для реализации АФМ с положительной обратной связью прямого действия и с дополнительным регулированием необходима комбинированная схема УУ дополнительной обратной связи, которая должна в определенном интервале значений коэффициента трения обеспечивать поступление

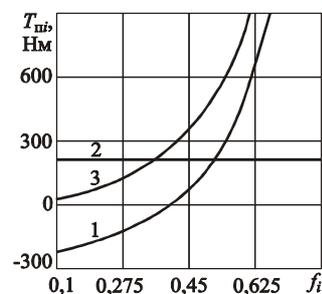


Рис. 3. Нагрузочные характеристики реальной и «идеальной» АФМ с положительной обратной связью

на основное УУ положительной обратной связи дополнительного вращающего момента, а в остальном интервале значений коэффициента трения – отбор части вращающего момента.

5. В АФМ с положительной обратной связью прямого действия для увеличения прижимной силы основного УУ необходимо увеличение угла давления тел качения, что уменьшает интервал изменения коэффициента трения, внутри которого не требуется изменение знака вращающего момента дополнительного УУ.

Список литературы:

1. Шишкарёв М.П. Оптимизация коэффициента усиления адаптивных фрикционных муфт первого поколения с дифференцированными парами трения // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 36–39.
2. Шишкарёв М.П. Повышение надежности адаптивных фрикционных муфт 1-го поколения // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2008. – № 4. – С. 6–9.
3. Шишкарёв М.П. Уточнение характеристики обратной связи адаптивных фрикционных муфт // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 11. – С. 12–13.
4. Шишкарёв М.П. Особенности процесса срабатывания адаптивных фрикционных муфт // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 4. – С. 3–7.
5. Шишкарёв М.П. Теоретические основы применения комбинированной обратной связи в адаптивных фрикционных муфтах // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 7. – С. 16–19.
6. Шишкарёв М.П. Математические модели высокой надежности адаптивных фрикционных муфт // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XVI Междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 5. Секция 5 «Компьютерная поддержка производственных процессов» / Под общ. ред. В.С. Балакирева / РГАСХМ ГОУ, Ростов н/Д, 2003. – С. 231–234.
7. Шишкарёв М.П. Математические модели адаптивного фрикционного контакта твердых тел 2-го поколения // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XVIII Междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 5. Секция 5 «Компьютерная поддержка производственных процессов» / Под общ. ред. В.С. Балакирева – Казань: изд-во Казанского гос. технол. ун-та, 2005. – С. 72–76.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТОВ МНОГОДИСКОВЫХ АДАПТИВНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ

М.П. Шишкарёв, д.т.н., проф.

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел. (863)-2-38-15-14*

E-mail: shishkarevm@mail.ru

Аннотация: Результаты исследования упрощенной схемы распределения нагрузки, передаваемой адаптивной фрикционной муфтой с учетом трения в соединениях фрикционных дисков и полумуфты показали, что величина вращающего момента муфты повышается, а точность срабатывания муфты снижается, по сравнению с точностью срабатывания, которая рассчитывается по существующей методике.

Abstract: the results of a study of a simplified load distribution scheme transmitted by an adaptive friction clutch taking into account friction in the joints of friction discs and coupling halves showed that the value of the clutch torque increases, and the accuracy of the clutch is reduced, compared with the accuracy of operation, which is calculated by the existing method.

Ключевые слова: Адаптивная фрикционная муфта, нагрузочная способность, точность срабатывания, фрикционная группа, вращающий момент.

Keywords: Adaptive friction clutch, load capacity, accuracy, friction group, torque.

Введение

В настоящее время расчеты и проектирование адаптивных фрикционных муфт (АФМ), выполненных в многодисковом варианте фрикционной группы, производятся без учета сил трения, действующих в процессе работы в сочленениях между дисками трения, полумуфтой и нажимным диском [13].

При расчетах и проектировании предохранительных фрикционных муфт обычной точности срабатывания, не имеющих в своем составе управляющего устройства (УУ) обратной связи, учет упомянутых сил трения не производится по той причине, что они не влияют на величину усилия замыкания, создаваемого нажимной пружиной или группой нажимных пружин и действующего на элементы пар трения фрикционной группы.

Это обусловлено тем, что данное усилие создается еще в статическом состоянии механической системы, т. е. при настройке муфты на номинальный вращающий момент, и сохраняется постоянным (если не считать частичной потери упругих свойств материала пружины вследствие релаксации напряжений) в процессе эксплуатации устройства.

В работе [1] показано, что для сцепных управляемых многодисковых фрикционных муфт (сцеплений транспортных и других устройств) характерным является неравномерное распределение осевых сил, действующих на поверхностях трения при включении муфты на ходу.

Причиной этого является действие сил трения, возникающих в процессе передачи нагрузки в местах соединений фрикционных дисков с полумуфтами. Чаще всего, указанные соединения выполняются в виде шлицевых соединений с крупными шлицами [2].

В результате этого, как показано в работе [3], уменьшаются осевые силы, действующие на элементы пар трения, наиболее удаленные от источника осевой силы нажатия. Это приводит к изменению общей картины возникновения осевых сил на поверхностях трения, соответствующих сил и моментов сил трения, следовательно, и общей нагрузки, передаваемой сцеплением при полностью замкнутой механической системе.

В АФМ первого поколения, работающих по принципу обратной отрицательной связи [3], распорная (отжимная) сила, действующая в процессе работы на нажимной диск, стремится отжать друг от друга фрикционные диски, преодолевая при этом силы трения, возникающие в соединениях между дисками, ступицей нажимного диска и полумуфтой. При этом, очевидно, происходит частичная потеря распорной силы, что должно повлиять на нагрузочную и точностную характеристики муфты.

Ранее задача, направленная на изучение влияния сил трения, возникающих в соединениях между дисками, ступицей нажимного диска и полумуфтой, на эксплуатационные характеристики АФМ первого поколения, не рассматривалась.

Цель работы – установление зависимости величины вращающего момента и точности срабатывания АФМ первого поколения от сил трения, возникающих в соединениях между дисками, ступицей нажимного диска и полумуфтой.

Основная часть

Для проведения исследования воспользуемся схемой, изображенной на рис. 1. Схема иллюстрирует соединения фрикционных дисков 1 и 2 соответственно со ступицей нажимного диска 3 и полумуфтой 4. Силы, показанные на схеме, означают:

F_n – усилие замыкания пакета фрикционных дисков 1 и 2, создаваемое нажимной пружиной (группой нажимных пружин), на схеме не показаны;

F_p – распорная (отжимная) сила, возникающая в процессе передачи муфтой вращающего момента и действующая на нажимной диск 3 противоположно силе F_n ;

F_t – силы трения, возникающие в соединениях фрикционных дисков 2 и полумуфты 4 в процессе передачи муфтой вращающего момента;

F_{t1} – силы трения, возникающие в соединениях фрикционных дисков 1 и ступицы нажимного диска 3 в процессе передачи муфтой вращающего момента.

Рассматривая силы трения F_t и F_{t1} как силы сопротивления по отношению к активной движущей силе F_p , можно отметить, что действие первых двух из упомянутых сил приводит к прогрессирующему уменьшению сил нормального давления на поверхностях трения фрикционных дисков 1 и 2, если вести отсчет от крайней левой (по рис. 1) пары трения.

Анализируя влияние сил трения F_t и F_{t1} на перераспределение сил нормального давления на поверхностях трения фрикционных дисков 1 и 2, следует указать на то, что величина силы трения F_{t1} больше, чем сила трения F_t , поскольку при одной и той же величине момента сил трения, передаваемого каждой парой фрикционных дисков 1 и 2, величины сил нормального давления между шлицами дисков 1 и ступицей нажимного диска 3, дисков 2 и полумуфты 4 различны вследствие неодинаковых величин радиусов окружностей, на которых расположены шлицевые соединения. В частности, величина силы трения F_{t1} больше, чем величина силы трения F_t .

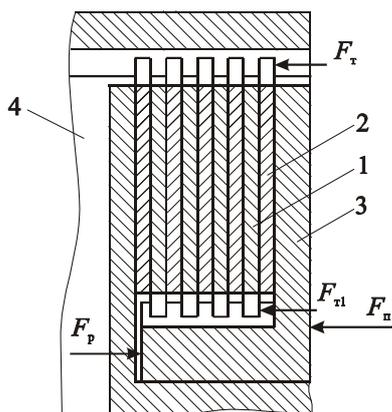


Рис. 1. Схема действия сил в фрикционном узле АФМ

трения; R – радиус окружности, на которой расположены условные точки приложения сил нормального давления в шлицевых соединениях фрикционных дисков 2 и полумуфты 4; коэффициент трения между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4.

Действие сил трения $F_T^1 \dots F_T^n$ уменьшает действие распорной силы F_p на нажимной диск 3 и на пары трения 1-2 в соответствии со следующим соотношением:

$$T_i = R_{cp} f \left(F_n - F_p + i \frac{T_n}{nR} f_1 \right), \quad (2)$$

где T_i – момент сил трения i -й пары фрикционных дисков; R_{cp} – средний радиус поверхностей трения фрикционных дисков 1 и 2; f – коэффициент трения между фрикционными дисками 1 и 2; i – порядковый номер пары трения фрикционных дисков 1 и 2, считая от ближайшей к точке приложения распорной силы паре трения.

Остальные обозначения параметров, приведенные в соотношении (2), даны выше.

Величина распорной силы F_p вычисляется по формуле:

$$F_p = \frac{T_n}{r} \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

где α – угол скоса боковой стенки гнезда под чувствительный элемент УУ обратной связи на рис. 1 гнездо и чувствительный элемент не показаны); r – радиус окружности, на которой расположены относительно оси вращения муфты чувствительные элементы УУ.

Подставляя правую часть формулы (3) в равенство (2), получаем:

$$T_i = R_{cp} f \left(F_n - \frac{T_n}{r} \operatorname{tg} \alpha + i \frac{T_n}{nR} f_1 \right). \quad (4)$$

Величина полного вращающего момента АФМ равна сумме величин моментов сил трения отдельных фрикционных пар. Поскольку величины моментов сил трения фрикционных пар отличаются одна от другой, а величины сил нормального давления отличаются одна от другой на одинаковое значение, величина полного вращающего момента представляет собой арифметическую прогрессию с конечным числом членов. Первый член прогрессии равен:

$$T_1 = R_{cp} f \left(F_n - \frac{T_n}{r} \operatorname{tg} \alpha \right), \quad (5)$$

а последний член

$$T_n = R_{cp} f \left[F_n - \frac{T_n}{r} \operatorname{tg} \alpha + (n-1) \frac{T_n}{nR} f_1 \right]. \quad (6)$$

Сумма всех членов арифметической прогрессии равна полному вращающему моменту АФМ и вычисляется по следующей формуле:

$$T_n = \frac{(T_1 + T_n)n}{2}. \quad (7)$$

Подставляя правые части соотношений (5) и (6) в формулу (7), получаем уравнение первой степени относительно неизвестного T_n , решение которого имеет следующий вид:

$$T_n = nF_n R_{cp} \frac{f}{1 + \left[nC - (n-1) \frac{R_{cp}}{2R} f_1 \right] f}. \quad (8)$$

Выражение (8) сходно с формулой, по которой вычисляется величина полного вращающего момента АФМ с аналогичной конструктивно-компоновочной схемой фрикционной группы и такими же конструктивными параметрами, как у исследуемой муфты.

Упомянутая формула имеет следующий вид [4]:

$$T_n' = nF_n R_{cp} \frac{f}{1 + nCf}. \quad (9)$$

Графики функции $T_n(n)$ и $T_n'(n)$, построенные с учетом соотношений (8) и (9), показаны на рис. 2 (соответственно кривые 1 и 2). Графики построены по следующим исходным данным: $F_n = 800$ Н, $R_{cp} = 0,1$ м, $f = 0,3$, $C = 1,25$, $f_1 = 0,15$, $R = 0,13$ м.

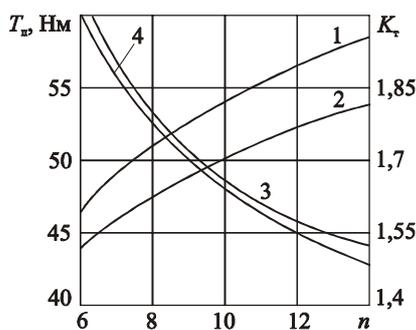


Рис. 2. Зависимости вращающего момента и точности срабатывания АФМ, рассчитанной по двум методикам

Анализ графиков показывает следующее:

- при всех величинах параметра n (в пределах графика) величина вращающего момента T_n больше, чем величина вращающего момента T_n' ;
- с увеличением числа пар трения абсолютная разность $T_n - T_n'$ возрастает.

Существующее неравенство $T_n - T_n' > 0$ объясняется тем, что учет сил трения в соединениях фрикционных дисков 2 с полумуфтой 4 приводит к уменьшению локальных распорных сил в отдельно рассматриваемых парах трения и, как следствие – к увеличению осевых сил нажатия и соответствующих им моментов сил трения.

Увеличение разности $T_n - T_n'$ с ростом числа пар трения фрикционной группы объясняется увеличением суммарных сил трения, действующих в соединениях фрикционных дисков 2 с полумуфтой 4.

Второй основной технико-эксплуатационной характеристикой АФМ, как и всякой другой предохранительной муфты, является точность срабатывания [5]. В количественном отношении точность срабатывания предохранительных муфт оценивается величиной коэффициента точности, представляющего собой отношение величины максимального вращающего момента, при котором может сработать муфта, к минимальному вращающему моменту, величина которого определяется в тех же условиях, что и максимальный вращающий момент.

Вполне естественно, что упомянутые величины вращающего момента для предохранительных фрикционных муфт, в том числе АФМ, вычисляются соответственно при максимальном и минимальном значениях коэффициента трения.

Значение коэффициента трения f_1 считаем постоянным [6].

Используя соотношение (8) и принцип вычисления величины коэффициента точности АФМ, получаем следующее выражение:

$$K_T = \frac{f_{\max} \left\{ 1 + [nC - (n-1)R_{\text{cp}} f_1(2R)] f_{\min} \right\}}{f_{\min} \left\{ 1 + [nC - (n-1)R_{\text{cp}} f_1(2R)] f_{\max} \right\}}, \quad (10)$$

где f_{\max} – максимальное значение коэффициента трения; f_{\min} – минимальное значение коэффициента трения.

Для АФМ, расчет которых производится без учета влияния трения в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4, величина коэффициента точности вычисляется по следующей формуле:

$$K_{T1} = \frac{f_{\max} (1 + nC f_{\min})}{f_{\min} (1 + nC f_{\max})}. \quad (11)$$

Составив предполагаемое неравенство $K_T > K_{T1}$ и решая его, получаем следующее неравенство:

$$-f_{\min} > -f_{\max},$$

которое справедливо при любых реальных значениях коэффициента трения f_{\min} и f_{\max} .

Следовательно, независимо от числа пар трения n фрикционной группы муфты ее реальная точность срабатывания ниже, чем теоретическая точность срабатывания, т. е. без учета трения в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4.

Аналитическое исследование по сопоставлению точности срабатывания муфты, рассчитанной по различным методикам, не дает представления о влиянии трения в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4 на точностной показатель. На рис. 2 кривыми 3 и 4 отражены графики соответственно функций (10) и (11). Указанные кривые построены по исходным данным, принятым при построении кривых 1 и 2.

Дополнительные исходные данные, принятые при построении кривых 3 и 4: $f_{\min} = 0,1$, $f_{\max} = 0,8$.

Анализ кривых 3 и 4 показывает, что точность срабатывания АФМ, рассчитанная по методике, которая не учитывает трение в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4, выше, чем точность срабатывания АФМ, при расчете которой учитывалось упомянутое трение.

При меньшем числе пар трения фрикционной группы ($n = 6 \div 8$) разность между величинами коэффициентов точности K_T и K_{T1} (соответственно кривые 3 и 4) несколько больше, чем при большем числе пар трения n фрикционной группы.

Причиной указанного характера изменения величины разности $K_T - K_{T1}$ является увеличение распорной силы F_p в АФМ, расчет которой осуществляется по методике, учитывающей трение в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4, из-за увеличения вращающего момента, передаваемого муфтой.

В связи с последним обстоятельством необходим перерасчет величины силы натяжения замыкающей пружины F_n . Это обусловлено тем, что любая предохранительная муфта рассчитывается и настраивается на передачу номинального вращающего момента определенной величины, необходимого для обеспечения заданных параметров технологического процесса, выполняемого машиной. Поэтому величину силы F_n следует привести в соответствие с величиной номинального вращающего момента муфты.

Для этой цели используем соотношения (8) и (9). Заменяя в соотношении (8) параметр F_n на искомый и пока неизвестный параметр F_n' и поле этого приравнивая друг другу правые части соотношений

(8) и (9), получаем выражение для вычисления величины силы F'_n , потребной для настройки муфты на необходимый номинальный вращающий момент:

$$F'_n = F_n \frac{1 + [nC - (n-1)R_{cp}f_1 / (2R)]f_{min}}{1 + nCf_{min}}. \quad (12)$$

В выражении (12) принято минимальное значение коэффициента трения в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [7].

Очевидно, что в выражении (12) величина числителя дроби меньше знаменателя, поэтому $F'_n < F_n$. Следовательно, из-за влияния трения в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4 в АФМ требуется меньшее по величине усилие замыкания фрикционных пар для сохранения заданной величины номинального вращающего момента муфты.

Исследуем влияние числа пар трения АФМ на величину отношения F'_n / F_n , используя для этого выражение (12). Первая производная функции (12) равна

$$D(F'_n / F_n)_n = -\frac{R_{cp}}{2R} f_1 f_{min} (1 + Cf_{min}), \quad (13)$$

и, очевидно, отрицательная. Следовательно, с увеличением числа пар трения фрикционной группы муфты требуется относительно меньшее усилие замыкания для сохранения необходимой величины номинального вращающего момента.

Необходимо отметить, что с увеличением коэффициента трения f_1 , например, за счет применения других сочетаний материалов пар трения в соединениях между фрикционными дисками 2 и полумуфтой 4, возрастает абсолютная величина производной (13). Это свидетельствует об уменьшении требуемой величины силы F'_n , однако приводит к снижению точности срабатывания муфты (см. выше).

В том случае, когда настройка АФМ на необходимую величину номинального вращающего момента производится с учетом среднего значения коэффициента трения [7], замена параметра f_{min} на параметр f_{cp} (среднее значение коэффициента трения) в формуле (13) приводит к увеличению модуля производной. Это означает, что величина отношения сил F'_n / F_n уменьшается быстрее при увеличении числа пар трения, чем при способе настройки АФМ с учетом минимального значения коэффициента трения.

Обсуждение и результаты. Исследование упрощенной схемы распределения нагрузки, передаваемой АФМ, с учетом трения в соединениях фрикционных дисков и полумуфты показало увеличение фактического вращающего момента и снижение точности срабатывания муфты.

Результаты исследования позволяют вносить коррективы в параметры настройки АФМ за счет уменьшения усилия замыкания пар трения фрикционной группы.

Результаты исследования могут быть использованы для проведения уточненных расчетов многодисковых ($n > 8 \div 10$) АФМ с отрицательной обратной связью, а также при эксплуатации муфт для их более точной настройки.

Выводы

1. Одной из особенностей многодисковых АФМ является фактическое уменьшение величины распорной силы, действующей на пары трения фрикционной группы, в результате влияния сил трения в соединениях фрикционных дисков с полумуфтой.
2. Исследование упрощенной схемы распределения нагрузки, передаваемой АФМ, между отдельными парами трения фрикционной группы, предполагающей равномерное распределение, показало, что учет трения в соединениях фрикционных дисков и полумуфты приводит к повышению величины вращающего момента.
3. Реальная точность срабатывания АФМ, с учетом указанного обстоятельства, ниже, чем точность срабатывания, рассчитываемая по существующей методике.
4. С увеличением числа пар трения фрикционной группы точность срабатывания АФМ, с учетом трения в соединениях фрикционных дисков и полумуфты, повышается.

5. При учете трения в соединениях фрикционных дисков и полумуфты для настройки АФМ на необходимый номинальный вращающий момент требуется меньшее усилие замыкания пар трения фрикционной группы, чем без учета указанного трения.
6. С увеличением числа пар трения фрикционной группы происходит относительное уменьшение величины усилия замыкания для АФМ с учетом трения между фрикционными дисками и полумуфтой.
7. При настройке АФМ на необходимую величину номинального вращающего момента с учетом большего настроечного значения коэффициента трения относительное уменьшение величины усилия замыкания пар трения возрастает быстрее в случае увеличения числа пар трения.

Список литературы:

1. Шишкарев М.П., Угленко А.Ю. Исследование эксплуатационных характеристик адаптивной фрикционной муфты второго поколения // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2013. – № 4. – С. 21–26.
2. Шишкарев М.П. Особенности процесса срабатывания адаптивных фрикционных муфт // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 4. – С. 3–7.
3. Шишкарев М.П. Повышение надежности адаптивных фрикционных муфт 1-го поколения // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2008. – № 4. – С. 6–9.
4. Шишкарев М.П., Угленко А.Ю. Точность срабатывания адаптивной фрикционной муфты с раздельным силовым замыканием // Вестн. ДГТУ. – 2014. – Т. 14. № 1 (76). – С. 200–203.
5. Шишкарев М.П. Условие высокой точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 7. – С. 46–48.
6. Шишкарев М.П. Уточнение характеристики обратной связи адаптивных фрикционных муфт // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 11. – С. 12–13.
7. Шишкарев М.П. Анализ способов настройки предохранительных фрикционных муфт // Вестник машиностроения. – 2009. – № 8. – С. 29–32.

**КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ВО ВНЕШНИХ ПОЛЯХ**

*Л.В. Кузьмина, д.ф.-м.н, проф, Е.Г. Газенаур, к.ф.-м.н, доц., К.А. Кешкина, магистрант
Кемеровский государственный университет
650000, г. Кемерово, ул. Красная 6, тел. 89045763392
E-mail: specproc@kemsu.ru*

Аннотация: Представлены экспериментальные результаты исследования влияния дополнительно введенной примеси ионов свинца и железа на инициирование разложения в кристаллах азида серебра с помощью контактного электрического поля, локального механического давления и УФ-облучения. Установлено, что дополнительное введение примеси ионов свинца и железа в кристаллы азида серебра приводит к понижению прочности образцов, а выделение газообразных продуктов разложения стимулирует процесс разрушения образцов.

Abstract: The experimental results of the study of the influence of additionally introduced admixture of lead and iron ions on the initiation of decomposition in silver azide crystals by means of contact electric field, local mechanical pressure and UV irradiation are presented. It is found that the additional introduction of lead and iron ions into the crystals of silver azide leads to a decrease in the strength of the samples, and the release of gaseous decomposition products stimulates the destruction of the samples.

Ключевые слова: азид серебра, медленное разложение, примесь, дислокации, энергонасыщенные материалы, реакционная способность, стабильность, электрическое поле, механическое воздействие, УФ-излучение.

Keyword: silver azide, slow decomposition, impurity, dislocations, power saturated materials, reactivity ability, stability, electric field, mechanical influence, UV-radiation.

Ранее в качестве способа инициирования химической реакции в кристаллах азидов серебра использовали электрическое и магнитное поля, различные виды излучений, тем самым моделировали реальные и экстремальные условия хранения и эксплуатации таких высокочувствительных материалов, как азиды тяжелых металлов [1-3].

Таким образом, тема данной работы стимулирована значительными результатами, достигнутыми в последние годы при исследовании физико-химических процессов в азидовых тяжелых металлов

во внешних полях. В связи с чем, актуальным является продолжить исследование способности к разложению и стабильности кристаллов азида серебра с различным содержанием дефектов.

Каким образом влияет дополнительно введенная примесь на реакционную способность образцов, ответ на этот вопрос позволит уточнить либо опровергнуть ранее предложенную качественную модель разложения кристаллов азида серебра связанную с концентрацией примеси и дислокационной структурой [3]. В ходе анализа ранее полученных экспериментальных данных установлено, что места выходов дислокаций на поверхность кристаллов совпадают с местами интенсивного газовыделения, а реакция разложения запускается в реакционных областях (РО), образованных неподвижными дислокациями. Реакции разложения предшествует явление изменения размеров кристаллов [3].

В данной работе представлены результаты исследования влияния дополнительно введенной примеси ионов свинца и железа на скорость разложения нитевидных кристаллов азида серебра во внешних полях, а именно под действием контактного электрического поля, УФ-облучения и локальной механической нагрузки.

В качестве объектов исследования были выбраны нитевидные кристаллы азида серебра (AgN_3), выращенные по известной методике [4], со средними размерами $10 \times 0.1 \times 0.03$ мм³ с биографической (фоновой) примесью Cu^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Bi^{3+} , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Si^{4+} , Ti^{2+} , Mg^{2+} и с увеличенной концентрацией примеси свинца и железа (1 вес.%), а также с контролируемой плотностью краевых дислокаций. Качественный и количественный состав примеси анализировали методом атомно-эмиссионной спектроскопии (атомно-эмиссионный спектрометр с индивидуально-связанной плазмой iCAP 6500).

Образцы готовили в планарном варианте геометрии, которая дает возможность фиксировать выделяющийся при разложении газообразный продукт и наблюдать за топографией его распределения по образцу, а также контролировать плотность дислокаций по ямкам травления.

Для исследования дислокационной структуры применяли метод ямок травления (в качестве травителя использовали 10% тиосульфат натрия). Пробеги индивидуальных краевых дислокаций измерялись с помощью оптического микроскопа типа «Биолам».

Продукты разложения в анионной подрешетке, выделяющиеся при реакции медленного разложения (внешнее газовыделение), фиксировали по методу Хилла [5].

В качестве фактора, инициирующего разложение, использовали контактное электрическое поле 300 кВ/м, которое создавали при помощи источников питания постоянного тока. В качестве электрических контактов использовали галлий (Ga) при межэлектродном расстоянии 1 мм. В этих условиях осуществляется режим монополярной инжекции дырок, которые, попадая в РО, стимулируют протекание химической реакции [1]. Факт взрыва (санкционированного либо несанкционированного) образца определяли по вспышке или звуковому сигналу. В качестве механической нагрузки использовали микроиндентирование. Экспериментально выбрано давление индентора, при котором более длительное время образец не разрушается, составляет $5 \cdot 10^5$ Н/м². Источник ультрафиолета – ртутная лампа ДРШ–100 (365 нм; $1,924 \cdot 10^{15}$ квант/см²·с).

На каждую точку экспериментальных кривых брали не менее 10 образцов. Эксперименты проводили при комнатной температуре.

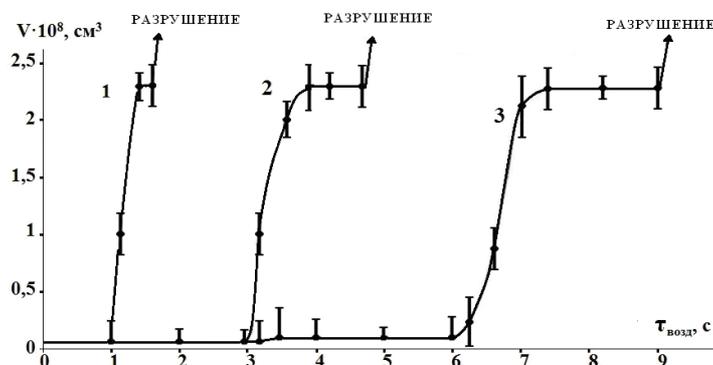


Рис. 1. Зависимость объема выделившегося газа в кристаллах азида серебра с дополнительно введенной примесью: свинца (кривая 1), железа (кривая 2), с биографической примесью (кривая 3) от времени локального механического воздействия $5 \cdot 10^5$ Н/м²

Во время локального индентирования обнаружено разложение кристаллов, которое фиксируется по выделению газа. Количественно процесс разложения по внешнему газовыделению можно представить в виде зависимости объема выделившегося газа от времени воздействия индентора.

Из графиков на рис. 1 (кривая 3) видно, что при индентировании образцов с биографической примесью до 6 секунд, внешнее газовыделение не наблюдается; при больших временах разложение фиксируется данной методикой, но после 8 – 9 сек, возможно, разрушение образца.

В образцах с дополнительно введенной примесью ионов железа максимум газовыделения наблюдается на 4-ой секунде воздействия, после чего происходит разрушение (рис. 1 (кривая 2)), самыми реакционноспособными, но хрупкими являются образцы с примесью свинца (рис. 1 (кривая 1)).

Разрушение образцов с примесью свинца происходит за 1,5 секунды, что в 6 раз быстрее образцов с биографической примесью, также это соответствует воздействию механического давления порядка 107 Н/м² на образцы с биографической примесью.

Данные результаты свидетельствуют о том, что одновременно с наведением дислокаций определенной плотности, при соответствующих временах воздействия [6], кристалл частично разлагается.

Ранее была предложена качественная модель разложения в кристаллах азидов серебра, которая связывала временными рамками несколько процессов: движение дислокаций, образование реакционных областей и начало газовыделения, данные результаты не вполне встраиваются в эту модель, но и не противоречат. В момент индентирования незначительное газовыделение наблюдается обычно в области установки индентора, которое легко протравливается с образованием сравнительно крупной ямки травления (30 мкм). В этом случае выделение газообразных продуктов при индентировании стимулирует разрушение образцов.

Экспериментально установлено, что введение дополнительной примеси в кристаллы азидов серебра приводит к химической активности всех граней кристалла. Особенно это касается разложения при УФ - облучении в области собственного поглощения (365 нм). В этом случае наблюдается равномерное газовыделение со всех граней кристалла.

Наибольшее количество газа выделяется у образцов с введенной примесью железа и свинца по сравнению с биографической примесью.

В контактом электрическом поле в режиме монополярной инжекции дырок (300 В/мм, материал электрических контактов – галлий) наиболее интенсивное разложение образцов наблюдается как в межэлектродном пространстве, так и за пределами контактной области кристалла, что не наблюдается в образцах с фоновой примесью.

Реакция переходит во взрыв быстрее в образцах с дополнительно введенной примесью и перед взрывом наблюдается деформация, которая фиксируется по изгибу образца над подложкой.

Таким, образом, образцы азидов серебра с дополнительно введенной примесью подвержены более интенсивному разложению при действии контактного электрического поля и УФ-облучения. При механическом воздействии образцы с дополнительно введенной примесью также менее химически стабильны и более хрупкие.

Переход медленного разложения во взрывное в образцах азидов серебра с биографической примесью описан в работе [6]. Ранее экспериментально показано, что линии краевых дислокаций в кристаллах азидов серебра имеют отрицательный заряд [2]. При введении свежей дислокации (например, методом царапины), положительно заряженные точечные дефекты в течение определенного времени (которое можно оценить) формируют вокруг облако Коттрелла [1-2]. В результате в приповерхностной области кристалла образуется рыхлая структура – вакансионный кластер или реакционная область. По ранее сделанным оценкам это происходит на глубине ≈ 5 мкм [1].

Катионные вакансии в приповерхностной области образуют комплексы с положительно заряженной примесью ($C+V_k^-$). Поэтому, чем больше концентрация вводимой примеси, тем за меньшее время происходит формирование РО [1-3].

После окончания формирования РО (определяется появлением ямки травления), в ней может быть осуществлен запуск реакция разложения. Дислокация в кристалле становится неподвижной, а стопором являются положительно заряженные ионы примеси (в нашем случае кристаллы усилены дополнительно введенной примесью ионов свинца и железа).

Необходимым условием для реализации разложения в анионной подрешетке азидов тяжелых металлов является поставка в реакционные области дырок [1,2]. В нашем случае с увеличением кон-

центрации примеси, образцы становятся наиболее реакционноспособными, это видно по ускорению выделения газа в момент воздействия контактного электрического поля либо УФ-облучения.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы: экспериментально установлено, что дополнительное введение примеси ионов свинца и железа в кристаллы азиды серебра приводит к понижению прочности образцов при механическом воздействии; выделению газообразных продуктов разложения, которое стимулирует разрушение кристаллов азиды серебра; экспериментально показано, что кристаллы азиды серебра с дополнительно введенными примесями свинца и железа подвержены более интенсивному разложению в контактном электрическом поле и под действием УФ – облучения.

Список литературы:

1. Захаров, В.Ю. Медленное разложение азидов серебра и свинца / В.Ю. Захаров, В.И. Крашенинин: Изд-во НТЛ, 2006. – 168 с.
2. Кузьмина, Л.В. Реакционная способность кристаллов азиды серебра, допированных ионами железа и свинца / Л.В. Кузьмина, Е.Г. Газенаур, Е.В. Сугатов, В.И. Крашенинин // Вестник кемеровского государственного университета. 2015. № 1(61). Т. 1. С. 34 – 38.
3. Кузьмина, Л.В. Магнитное поле как способ управления стабильностью азиды серебра // Л.В. Кузьмина, Е.Г. Газенаур, В.И. Крашенинин; Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2016. – 63 с.
4. Иванов, Ф.И. О выращивании нитевидных кристаллов азиды серебра и свинца / Ф.И. Иванов, Л.Б. Зуев, М.А. Лукин, В.Д. Мальцев // Кристаллография. 1983. Т. 28. № 1. С. 194-196.
5. Neal H. G. A microgaseometric procedure // Nature. – 1953. – V. 172. – P. 30.
6. Крашенинин, В.И. Основные стадии перехода медленного разложения в быстропротекающий процесс в кристаллах азиды серебра / В.И. Крашенинин, Л.В. Кузьмина, Е.Г. Газенаур, Д.В. Добрынин // Химическая технология. – 2010. – №2. – С. 75–79.

СТРУКТУРА СЕТИ ПЕТРИ ДЛЯ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ИНДУСТРИИ 4.0

А.В. Гурьянов, к.э.н., Д.А. Заколдаев, к.т.н., доц., А.В. Шукалов, к.т.н., доц.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики
197101, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, 49, тел. (812)-252-20-37
E-mail: Mpbva@mail.ru*

Аннотация: Рассматривается задача разработки модели механосборочного производства приборостроительного предприятия Индустрии 4.0 на основе теории сетей Петри. Предлагается модель сети Петри, соответствующая единичной киберфизической системе, и учитывающая параллельную поточную структуру практической реализации технологического процесса изготовления изделия приборостроения на физическом уровне и на киберуровне. Предлагается структура сети Петри, соответствующая механосборочному производству предприятия Индустрии 4.0 и технологическому маршруту изготовления изделия приборостроения. Имитационное моделирование работы сети Петри выполнено в среде VisualPetri. Показано, что предложенная структура сети Петри для цифрового предприятия обладает базовым свойством достижимости, необходимым для практической реализации бесперебойного производственного процесса.

Abstract: A model formation problem of the Industry 4.0 item designing company mechanical assembly production based on the Petri net theory is being studied. A Petri net model has been proposed which can be applied for a single cyber-physical system and includes the parallel flowing structure of the item designing component technological process manufacturing practical realization in its physical and cyber level. A Petri net structure which can be applied for the Industry 4.0 company mechanical assembly production and the item designing component manufacturing technological route. The model functioning Imitation of a Petri net has been completed in the VisualPetri environment. It is clear that the proposed Petri net structure for a digital company has the basic property of sufficiency which is necessary to practically realize the non-stop manufacturing process.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, сеть Петри, производство, киберфизическая система.

Keywords: Industry 4.0, Petri net, manufacturing, cyber-physical system

Введение

Теория сетей Петри [1-3] и инструментальные средства моделирования дискретных процессов (событий) на ее основе позволяют [4-6] описывать на множестве дискретных состояний производственного комплекса предприятия Индустрии 4.0 технологические маршруты изготовления изделий, для которых свойственны:

- параллелизм выполнения производственных операций в пределах различных технологических линий механосборочных цехов;
- асинхронность выполнения производственных операций в пределах различных технологических участков механосборочных цехов;
- иерархичность структуры изделия и алгоритма его сборки, основанного на принципах возрастания технологической сложности сборочных единиц.

Свойства параллелизма, асинхронности и иерархичности технологических маршрутов изготовления изделий приборостроения обусловлены особенностями организации механосборочных производств приборостроительных предприятий Индустрии 4.0 [7] – дискретных событийных систем, учитывающих:

- поступательное движение материалов и комплектующих в пределах отдельных производственных линий (внутрицеховое перемещение деталей при помощи транспортной роботизированной системы);
- трансформацию состояния материалов, комплектующих, деталей в пределах отдельных производственных линий и участков, основанную на выполнении технологических операций (например, автоматическая сборка узла изделия, нанесение влагозащитного покрытия на печатную плату с установленными компонентами, нанесение гальванического покрытия на деталь, полученную с использованием аддитивных технологий и пр.);
- планировку и номенклатуру задействованного технологического оборудования для изготовления изделия в пределах участков механосборочного производства приборостроительного предприятия.

Таким образом, актуальной является задача создания и исследования математической модели механосборочного производства приборостроительного предприятия Индустрии 4.0 на основе теории сетей Петри.

Компоненты сети Петри для описания механосборочных производств

Основными компонентами графического изображения сети Петри являются [8-10]:

- место (в разной литературе встречаются эквивалентные названия «позиция», «вершина»);
- переход (встречается эквивалентное название «барьер»);
- связь (встречается эквивалентное название «дуга»);
- маркер (встречается эквивалентное название «фишка»).

Типовые фрагменты сети Петри, используемых для описания производственных процессов на приборостроительном предприятии, приведены на рис.1.

Место в сети Петри при описании дискретно-событийных процессов механосборочного производства отождествляется с каждой производственной позицией на участках цеха и условием успешного выполнения производственной операции на этой производственной позиции. Графически место в сети Петри изображается в виде окружности.

Переход в сети Петри при описании дискретно-событийных процессов механосборочного производства отождествляется с результатом выполнения отдельной (или укрупненной — в зависимости от масштаба рассмотрения технологического процесса) технологической операции. Графически переход в сети Петри изображается вертикальным прямоугольником («барьером»).

Связь в сети Петри при описании дискретно-событийных процессов механосборочного производства отождествляется с движением изделия (детали, сборочной единицы, материалов, комплектующих и пр.) в пределах технологической линии и производственных участков в процессе изготовления изделия. Графически связь изображается в сети Петри в виде дуги графа — линии (одна ординарная или несколько кратных) со стрелкой, соединяющей различные компоненты сети (место, переход). Направление стрелки соответствует направлению движения изделия (его составных частей) в пределах механосборочного производства в процессе его изготовления на приборостроительном предприятии.

Маркер сети Петри, способный перемещаться в ее пределах, при описании дискретно-событийных процессов механосборочного производства отождествляется с объектом (изделие, деталь, сборочная единица и др.), в отношении которого выполняется производственная операция на соответствующей производственной позиции. Графически маркер в сети Петри изображается в виде точки («фишки»), расположенной внутри окружности — места. Установка маркера в окружностях мест определяет начальное состояние — начальную разметку сети Петри. В пределах окружности одного места может находиться раз-

личное количество точек маркеров. Если их больше семи, то по правилам изображения сетей Петри указывается результирующая цифра (число маркеров) внутри окружности.

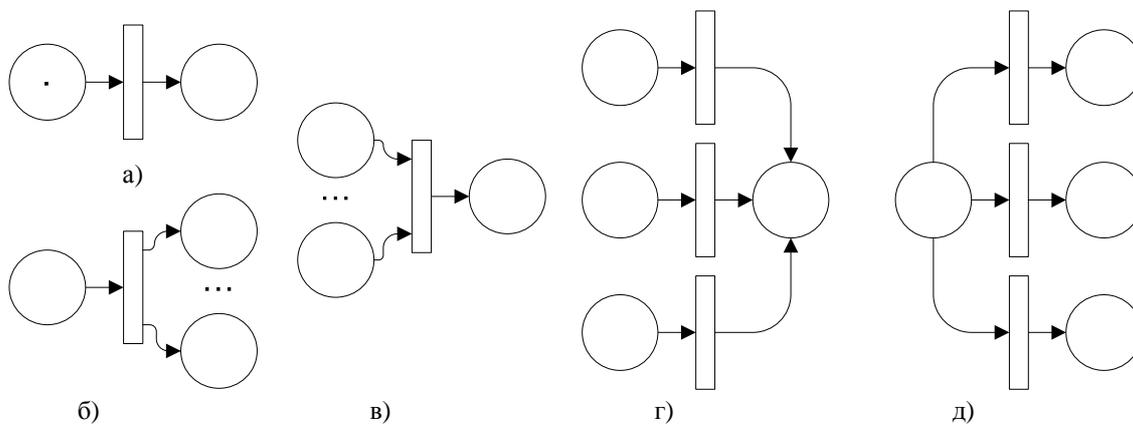


Рис.1. Типовые фрагменты классической сети Петри: а) сеть для одного перехода с одним входным и одним выходным местами; б) сеть для одного перехода с одним входным и кратными выходными местами; в) сеть для одного перехода с кратными входными и одним выходным местами; г) сеть для трех переходов с тремя входными и одним выходным местами; д) сеть для трех переходов с одним входным и тремя выходными местами

Перемещение маркера из окружности одного места в окружность другого места, т.е. срабатывание перехода, осуществляется в направлении, указанном стрелкой связи (сопряженные состояния), показывающей направление движения деталей на производстве, и является результатом выполнения условия – отдельной производственной операции в пределах технологического маршрута изготовления изделия приборостроения. Таким образом, движение маркера (переход маркера из выходного места во входное место для соответствующего перехода) в пределах сети Петри, описывающей динамику участков механосборочного производства, является результатом выполнения технологических операций (поток событий) единого технологического маршрута изготовления изделия, и характеризует динамику поведения производственной системы в пространстве состояний приборостроительного предприятия.

По общему правилу в момент срабатывания перехода маркеры из его входных мест переносятся в его выходные места. Число переносимых маркеров соответствует кратности связи. Перенос маркеров возможен только в случае, если число маркеров во входном месте равно или превышает кратность соответствующей связи «место-переход». Таким образом, работа сети Петри обеспечивается двумя множествами:

- множество пошаговых срабатываний переходов, отождествляемых с выполнением отдельных технологических операций на производстве;
- множество достижимых разметок сети Петри, количественно характеризующих движение материалов и комплектующих, деталей в пределах технологических линий механосборочного производства.

Очевидно, сеть Петри после каждого сработавшего перехода обладает информационным подобием дискретно-событийного производственного процесса приборостроительного предприятия Индустрии 4.0.

Модель сети Петри для киберфизической системы Индустрии 4.0

Организация производственного комплекса приборостроительного предприятия Индустрии 4.0 основана на внедрении в состав автоматических технологических линий роботизированных киберфизических систем [11, 12]. Киберфизическая система промышленного назначения по принципу своего действия относится к классу цифровых систем автоматического управления со случайным запаздыванием. Свойство «цифровизации» системы обусловлено наличием в ее составе цифровых компонентов, работающих в дискретном времени с использованием принципов программного управления. Свойство «автоматического управления» реализуется в киберфизической системе за счет использования системы датчиков (технологии сенсорики), приводов, контроллера управления и канала обратной связи для обеспечения и контроля качества выполнения технологических операций в рабочей камере системы. Случайное запаздывание в киберфизической системе обусловлено поддержкой в системе технологии удаленного доступа пользователя с использованием интернета вещей

(IoT – Internet of Things) по протоколам с гарантированной доставкой пакетов и облачных технологий для организации управления и контроля при работе системы.

Очевидно, применение технологии IoT для организации производственного комплекса приборостроительного предприятия Индустрии 4.0 выгодно отличается в сравнении с технологией M2M (Machine-to-Machine), применяемой сегодня на предприятиях Индустрии 3.0.

Анализ свойств технологии IoT, положенной в основу работы киберфизической системы, позволяет сделать вывод, что помимо физического канала выполнения технологических операций на производстве, для которых предназначена эта система, существует параллельный виртуальный поток, в котором технологическая операция выполняется в виде расчета параметров цифровой модели изделия. Виртуальный поток выполняется на уровне облачных сервисов IoT.

Таким образом, каждый переход сети Петри на физическом уровне выполнения технологического процесса может быть отождествлен с соответствующим переходом на киберуровне. Графическое изображение сети Петри, соответствующей киберфизической системе и учитывающей поточную параллельную структуру производственного процесса изготовления изделия приборостроения на предприятии Индустрии 4.0, представлено на рис.2.

Переходы, соответствующие выполнению технологической операции на физическом уровне, на рис.2 изображены в виде «барьеров с заливкой». Переходы, соответствующие выполнению технологической операции на киберуровне, на рис.2 изображены в виде «барьеров без заливки». Соответствие барьера и технологической операции (на физическом уровне) или барьера и цифровой модели изделия (на киберуровне) на рис.2 изображено пунктирной стрелкой.

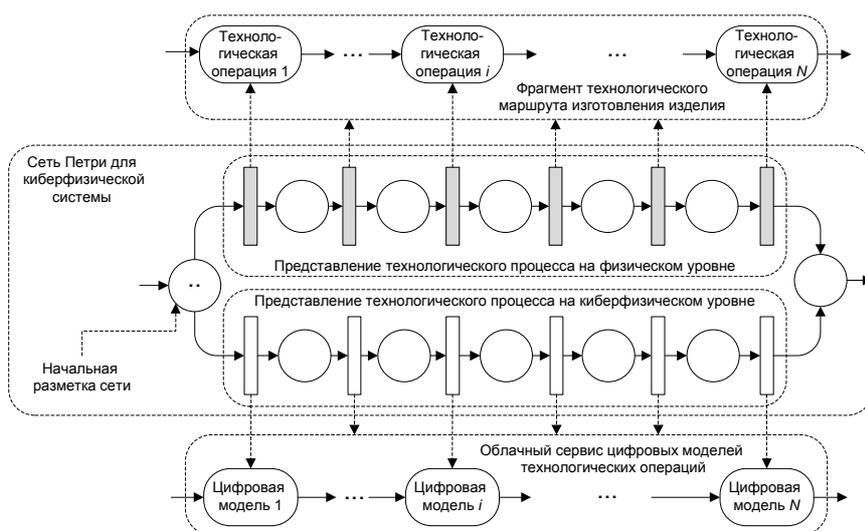


Рис.2. Представление на основе сети Петри технологического процесса изготовления изделия (детали) с применением киберфизической системы на производственном предприятии Индустрии 4.0

В приложении к описанию процессов, протекающих в киберфизических системах, в модели сети Петри, представленной на рис.2, места на физическом уровне отождествлены со следующими устройствами:

- контроллер управления киберфизической системы;
- контроллер беспроводной сети IoT для организации информационного обмена между технологическим оборудованием в пределах производственного участка (цеха);
- цифро-аналоговый преобразователь команд управления, выдаваемых контроллером управления на привод рабочей камеры, где выполняется технологическая операция по изготовлению изделия (детали);
- привод рабочей камеры киберфизической системы;
- рабочая камера технологического процесса изготовления изделия приборостроения (сборочной единицы);
- датчики состояния выполнения технологического процесса и датчики состояния технологического оборудования;

- аналого-цифровой преобразователь производственных данных, поступающих от датчиков сенсорной подсистемы киберфизической системы.

Установка маркера в окружность начального места сети Петри соответствует правилу начальной разметки сети. Число устанавливаемых маркеров зависит от начальных условий работы конкретной киберфизической системы и может варьироваться. Например, для роботизированного автоматического установщика компонентов, входящего в состав участка поверхностного монтажа, число начальных маркеров будет соответствовать числу устанавливаемых на печатную плату компонентов радиоизделий (сопротивление, микросхемы, конденсаторы и пр.) плюс один (сама печатная плата). Для 3D-принтера единичный маркер в окружности места будет соответствовать заданному объему металлического порошка, подлежащего лазерному спеканию, для изготовления одной детали, входящей в изделие, и т.д. Для организации рекурсии на технологическом этапе проверки изделия в сети Петри могут быть применены схемные решения, предложенные в работах [13, 14].

Моделирование сетей Петри, описывающих
механосборочное производство предприятия Индустрии 4.0

Для инструментального исследования предложенной сети Петри и свойств соответствующего ей механосборочного производства приборостроительного предприятия на дискретно-событийном уровне могут применяться различные программные среды и средства моделирования. Наибольшее распространение на практике получили средства:

- Petri NetWork 2.0, к достоинствам которого можно отнести удобный графический редактор для синтеза сети Петри;
- The Petri Net Kernel 2.0, к достоинствам которого можно отнести удобство пользователя при работе со средствами моделирования сети Петри;
- HPSim, к достоинствам которого можно отнести наличие в среде средств моделирования, поддерживающих модельное время;
- VisualPetri 1.2, к достоинствам которого можно отнести возможность моделирования различных технологических и бизнес-процессов, протекающих на автоматизированных (автоматических) производствах.

Средство VisualPetri является программным инструментом и open source-ресурсом с открытым кодом, свободно распространяемым в сети internet с лицензией General Public License, что обуславливает его использование для моделирования сетей Петри, описывающих механосборочное производство приборостроительного предприятия Индустрии 4.0, на начальных этапах проектирования производственных комплексов цифровых предприятий будущего. Анализ дискретно-событийных процессов, протекающих в сети Петри, структура которой показана на рис.2, в среде моделирования VisualPetri показывает, что предложенный вариант структуры сети Петри обладает свойством достижимости [15], что говорит о возможности практического решения задач, возложенных на такое механосборочное производство приборостроительного предприятия Индустрии 4.0.

Заключение

Для исследования производственных процессов приборостроительных предприятий Индустрии 4.0 на этапах эскизно-технического проектирования необходимо создавать цифровые двойники механосборочных производств. Цифровым двойником механосборочного производства может быть модель, графически оформленная в виде сети Петри, и программно поддерживаемая с помощью математического аппарата матричной алгебры и теории формальной логики.

Моделирование сетей Петри в специализированных имитационных средах позволяет исследовать в пространстве состояний дискретно-событийный характер процессов, протекающих на производстве, и устанавливать на основе подтверждения базовых свойств (достижимость, ограниченность, безопасность, живость [15]) сети Петри возможность и целесообразность практической реализации промышленного цифрового предприятия будущего.

Список литературы:

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем, М.: Мир, 1984, 264 с.
2. Chen T., Sanchez-Aarnoutse J.C., Buford J. Petri net modeling of cyber-physical attacks on smart grid // IEEE Transactions on smart grid, 2011, 2(4), pp.741-749.
3. Huang J., Zhu Y., Cheng B., Lin Ch., Chen J. A PetriNet-based approach for supporting traceability in cyber-physical manufacturing systems // Sensors, 2016, vol.382, №16, pp.1-10.

4. Писаренкова Н.С. Основы моделирования сетями Петри систем с параллелизмом // Математическая морфология, 1998, Т.3, вып.3, с.64-76.
5. Желтов П.В., Курябина Е.А. Моделирование производственных систем сетями Петри // Вестник Чувашияского университета, 2010, №3, с.306-309.
6. Маслаков М.П. Моделирование сетями Петри технологических процессов приготовления шихты // Перспективы науки, 2010, №4(6), с.78-83.
7. Мартынов В.Г. Имитационное моделирование механосборочного производства при помощи сетей Петри // Омский научный вестник, 2015, №2(140), с.111-114.
8. Маршаков Д.В., Фахти Д.В. Модуль сети Хопфилда на основе классической сети Петри // Вестник РГУПС, 2012, №2, с.88-93.
9. Голиков В.К., Черницын А.В. Анализ динамической модели функционирования дискретной системы, представленной сетью Петри // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах, 2013, №1(1), с.7-12.
10. Шестаков А.М. Моделирование программы таксономии технологий изготовления деталей машиностроительного профиля с помощью сетей Петри // Программные продукты и системы, 2014, №2, с.101-104.
11. Qian Zh., Yu Y., Fan G. Modeling of adaptive cyber physical systems using aspect-oriented approach // Applied mathematics & information sciences, 2015, vol.9, №4, pp.1981-1992.
12. Цветков В.Я. Управление с применение кибер-физических систем // Перспективы науки и образования, 2017, №3(27), с.55-60.
13. Воевода А.А., Марков А.В. Понятие рекурсии в сетях Петри: факториал числа, числа Фибаначи // Сборник научных трудов НГТУ, 2013, №1(71), с.72-77.
14. Кинько В.М., Бесценный И.П. Моделирование транспортных сетей с помощью раскрашенных взвешенных сетей Петри // Математические структуры и моделирование, 2015, №1(33), с.56-62.
15. Мордвинов Д.А., Литвинов Ю.В. Обзор применения формальных методов в робототехнике // Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2016, №1(236), с.84-107.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ИНДУСТРИИ 4.0

А.В. Гурьянов, к.э.н., Д.А. Заколдаев, к.т.н., доц., А.В. Шукалов, к.т.н., доц.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики
197101, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, 49, тел. (812)-252-20-37
E-mail: Mpbva@mail.ru*

Аннотация: Рассматривается задача проектирования киберфизического производства приборостроительного предприятия Индустрии 4.0. Предложена схема взаимодействия компонентов с цифровым управлением. Компоненты цифрового производства образуют технологический участок, функционирующий в автоматическом режиме. Представлен обзор нормативной документации, регламентирующей создание умных фабрик нового типа в нашей стране.

Abstract: The task of designing a cyber-physical production of an instrument-making enterprise Industry 4.0 is considered. A scheme for the interaction of components with digital control is proposed. Components of digital production form a technological section, operating in automatic mode. An overview of the regulatory documentation governing the creation of smart factories of a new type in our country is presented.

Ключевые слова: Механосборочное производство, киберфизическая система, Индустрия 4.0, приборостроение, компонент, технология.

Keywords: Mechanical assembly production, cyber-physical system, Industry 4.0, instrument-making, component, technology.

Введение

Создание новых видов высокотехнологичных цифровых механосборочных производств, получивших собирательное название Индустрия 4.0 и отождествляемых с «четвертой промышленной революцией», является актуальным направлением развития приборостроительной и машиностроительной промышленности Российской Федерации. Основные положения государственной политики в этой области на законодательном уровне сформулированы в:

- Указе Президента Российской Федерации от 01.12.2016 №642 «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации»;
- распоряжении Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 №1632-р «Об утверждении «Программы «Цифровая экономика Российской Федерации»».

Выполнение Указа Президента РФ направлено на достижение приоритета научно-технологического развития РФ и предполагает (п.20,а) переход отечественной промышленности к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, а также создание в РФ системы обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

Для реализации Указа Президента РФ и распоряжения Правительства РФ определена рабочая группа из числа профильных специалистов базовых предприятий отечественной науки, образования и промышленности, представителей экспертных и профессиональных сообществ, деловых объединений и исследовательских центров под общим руководством заместителя Министра промышленности и торговли Российской Федерации.

В феврале 2017 г. в соответствии с Правилами разработки и реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 18.04.2016 №317 «О реализации Национальной технологической инициативы», разработана дорожная карта Национальной технологической инициативы «Технет». Национальная технологическая инициатива как одно из приоритетных направлений государственной политики РФ определена в Послании от 04.12.2014 Президента РФ Федеральному собранию. Постановлением Правительства РФ от 29.09.2017 №1184 «О порядке разработки и реализации планов мероприятий («дорожных карт») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» определены ключевые правила разработки, утверждения, реализации и осуществления мониторинга реализации дорожных карт.

Дорожная карта Национальной технологической инициативы «Технет» предусматривает поэтапную разработку и внедрение в отечественную промышленность идей и решений, направленных на создание в нашей стране «умных производств», способных функционировать в условиях цифровой экономики и обладающих новыми производственными технологиями. Такие «умные производства», образованные предприятиями трех типов: «цифровая фабрика», «умная фабрика», «виртуальная фабрика», ориентированы на практическую реализацию технологий цифрового «безлюдного» изготовления изделий.

Компоненты киберфизической системы механосборочного производства

Основу перспективных механосборочных производств Индустрии 4.0 в области приборостроения составляют технологии и компоненты (см. рис.1), ориентированные на применение в условиях цифровой экономики, и образующие киберфизическую систему (КФС). Технологиями КФС являются [1, 2]: облачные технологии, аддитивные технологии, технологии интернета вещей (IoT – Internet of Things), технологии BigData обработки больших массивов данных, технологии промышленной сенсорики и др.

Компонентами цифровых КФС являются [3, 4] роботы-автоматы (технологическое и испытательное оборудование) — киберфизические устройства, выполняющие на производстве в автоматическом режиме одну или несколько технологических операций по изготовлению изделия приборостроения. Обслуживание киберфизических устройств предполагает выполнение вспомогательным персоналом на производстве регламентных и предупредительных работ. И если роль персонала на производствах Индустрии 3.0 предполагала выполнение на технологическом оборудовании производственных операций в автоматизированном режиме, то управление работой киберфизического устройства Индустрии 4.0 осуществляется встроенным контроллером управления автоматически. Очередность выполнения технологических операций и их содержание определяются технологическим маршрутом, разрабатываемым для каждого изделия приборостроения отдельно на этапе технологической подготовки производства.

Каждый компонент цифровых КФС на производстве Индустрии 4.0 состоит из:

- набора датчиков (в англоязычной литературе «киберфизическая сенсорная система» [3, 5]) состояния оборудования и состояния выполнения технологических операций по изготовлению изделия;
- набора приводов — исполнительных элементов робота-автомата, задействованных в выполнении технологических операций по изготовлению изделия;
- контроллера управления, функционирующего по заданным в алгоритмическом обеспечении программам, обеспечивающим изготовление изделия приборостроения;

- замкнутой камеры рабочей зоны, в пределах которой выполняется каждая технологическая операция по изготовлению изделия приборостроения.

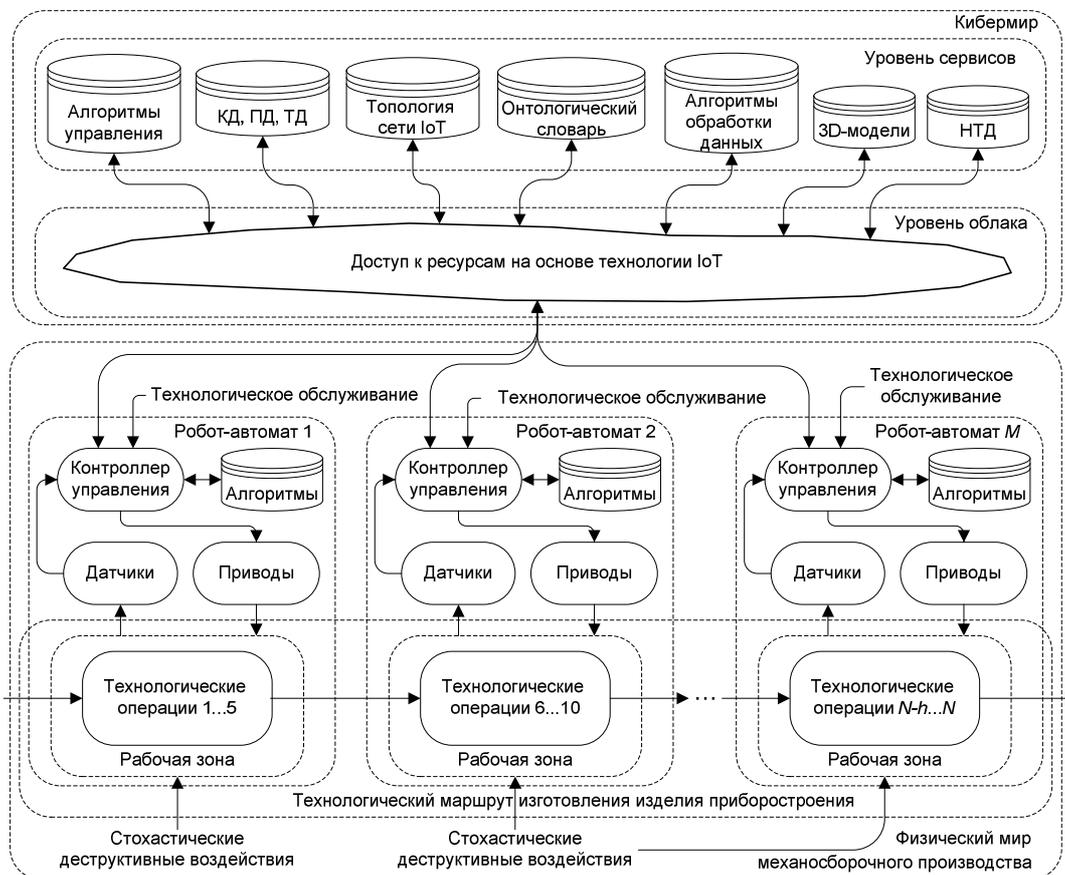


Рис. 1. Компоненты киберфизической системы механосборочного производства изделий приборостроения на предприятии Индустрии 4.0

Технологии взаимодействия

киберфизической системы механосборочного производства

Киберфизические устройства, объединенные для выполнения заданного фрагмента алгоритма технологического процесса изготовления изделия, например, на участке влагозащиты или на участке поверхностного монтажа элементной базы, образуют киберфизическую систему. Взаимодействие киберфизических устройств описывается в рамках математического аппарата специализированной технологии [5, 6], получившей в англоязычной литературе собирательное название M2M (Machine-to-Machine). Киберфизические системы, взаимодействующие между собой на уровне производственных участков или отдельных технологических линий, описываются математическим аппаратом технологии S2S (System-of-Systems).

Технологии M2M и S2S взаимодействия компонентов КФС построены на законах управления теории цифровых автоматических систем со случайным запаздыванием [7]. Запаздывание в канале управления КФС обусловлено временными характеристиками протоколов IoT с гарантированной доставкой сообщения и временными характеристиками выполнения алгоритмов обработки производственных данных в облачной среде. Физически технологии M2M и S2S реализуются на основе беспроводного канала IoT, обеспечивающего доступ киберфизических устройств Индустрии 4.0 к облачным сервисам. Такими облачными сервисами КФС являются [8-14]:

- алгоритмы автоматического компьютерного управления технологическими линиями и участками на производстве, предполагающие организацию сбора производственных данных (мониторинг технологических процессов) и формирование команд управления киберфизическими устройствами;

- комплекты конструкторской (КД), программной (ПД) и технологической (ТД) документации на изделие приборостроения, подлежащее изготовлению;
- алгоритмы маршрутизации и протоколирования взаимодействия киберфизических устройств, поддерживающие спецификации беспроводного канала связи IoT, например, на основе топологии одноранговой схемы со шлюзом (в простейшем случае канал связи IoT может быть реализован на базе технологии Bluetooth);
- онтологический словарь цифрового механосборочного производства, выступающий своеобразным «мостом» между «физическим миром» киберфизических устройств и «кибермиром» облачных сервисов;
- алгоритмы обработки производственных данных, основанные на технологии BigData (производственные данные образованы информацией, поступающей от киберфизической сенсорной системы, и учитывающей влияние на процессы изготовления изделия стохастических деструктивных факторов — поломка инструмента, поломка оборудования и пр.);
- 3D (Dimension)-модели деталей изделия приборостроения, слои для работы по аддитивной технологии 3D-принтеров — киберфизическое устройство, задействованные в процесс изготовления изделия приборостроения;
- комплекты государственных и отраслевых (международных) стандартов (НТД – нормативно-техническая документация), регламентирующие содержание технологических процессов (операций) и контроль качества изготовления изделия приборостроения на производстве и др.

Заключение

Организация производственных комплексов Индустрии 4.0 является сложной многофакторной задачей, состоящей не только из формальных технико-экономических показателей деятельности предприятия и критерия качества будущего проекта механосборочного производства, но включающей вопросы:

- подготовки квалифицированных кадров, обладающих компетенциями в области применения цифровых, интеллектуальных производственных технологий и в области эксплуатации компонентов киберфизических систем;
- подготовки государственных стандартов в области машино- и приборостроения нового поколения и совершенствования законодательных актов, адекватно условиям цифровой экономики регулирующих деятельность предприятия.

Для решения такой проектной задачи наряду с формализацией параметрического пространства проектных решений, необходимо создавать и успешно развивать новые виды государственных образовательных и государственных профессиональных стандартов в тесном сотрудничестве творческих коллективов представителей науки, образования и отечественной промышленности. Первоочередная роль в подготовке кадров и совершенствовании нормативной образовательной и профессиональной базы, по-видимому, в Индустрии 4.0 будет отведена российским университетам (их базовым кафедрам), обладающим статусом Национального исследовательского университета, разрабатывающим собственные стандарты подготовки студентов.

Список литературы:

1. Rauch E., Seidenstricker S., Dallasega P., Hammerl R. Collaborative cloud manufacturing: design of business model innovations enabled by cyberphysical systems in distributed manufacturing systems. *Journal of engineering*, vol. 2016, art.1308639.
2. Zalewski J., Drager S., Kornecki A.J., Czejdo B. Modeling resiliency and its essential components for cyberphysical systems // *Proceedings of the Federated conference on computer science and information systems (ACSIS-2015)*, 2015, vol.6, pp.107–114.
3. Hoelzl G., Kranz M. Cyber physical systems in the context of smart manufacturing // *Advances in Embedded Interactive Systems: technical report*, 2016, vol.4, №3, 27 p.
4. Gunes V., Peter St., Givargis T., Vahid F. A survey on concepts, applications, and challenges in cyberphysical systems // *KSPI Transactions of internet and information systems*, 2014, vol.8, №12, pp.4242-4267.
5. Karakose M., Yetis H. A cyberphysical system based mass-customization approach with integration of Industry 4.0 and smart city // *Wireless communications and mobile computing*, 2017, vol.2017, art.1058081.
6. Fedorov A., Goloschchapov E., Ipatov O., Potekhin V., Shkodyrev V., Zobnin S. Aspects of smart manufacturing via agent-based approach // *Procedia engineering*, 2015, vol.100, pp.1572-1581.
7. Калюжный В.П. Проблема устойчивости цифровых регуляторов с сетевым способом доставки управляющих величин // *Информационно-управляющие системы*, 2015, №4(77), с.92-99.

8. Кулиничев И. Облако для интернета вещей // Открытые системы. СУБД, 2015, №2, с.30-31.
9. Захаров А.А., Ниссенбаум О.В. Несговорев Е.С., Пономарев К.Ю. Построение модели авторизации интернета вещей // Инновационное развитие экономики, 2017, №3(39), с.238-243.
10. Бондарик В.Н., Кучервявый А.Е. Прогнозирование развития интернета вещей на горизонте планирования до 2030 года // Труды московского физико-технического института, 2013, Т.5, №3(19), с.92-96.
11. Нечаев К.А., Ступач О.В. Система поддержки производства полупроводниковых приборов как часть интернета вещей // Вестник науки Сибири, 2013, №4(10), с.132-135.
12. Воеводин Ю.В., Киричек Р.В. Обзор уникальных программно-аппаратных параметров различных технологий интернета вещей // Информационные технологии и телекоммуникации, 2015, №4(12), с.40-47.
13. Веселуха Г.Л. Промышленный интернет вещей – это легко и интересно! // Автоматизация в промышленности, 2016, №8, с.30-32.
14. Бородин В.А. Интернет вещей – следующий этап цифровой революции // Образовательные ресурсы и технологии, 2014, №2(5), с.178-182.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

В.В. Сафонов, д.т.н., проф., С.В. Сапожников, асп.

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, тел. (495) 955-35-11*

E-mail: svv.staff.msta.ac.ru@mail.ru

Аннотация: с использованием метода плазменного напыления наночастиц серебра получены электропроводящие материалы. Нанесение слоя наночастиц серебра позволило существенно уменьшить удельное поверхностное электрическое сопротивление материалов. Актуальность выбора наночастиц серебра обусловлена их высокой электро- и теплопроводностью. Модифицирование материалов методом плазменного напыления является высокотехнологичным методом улучшения их адгезии, а также получения высоких показателей электропроводности.

Abstract: using the method of plasma spraying of silver nanoparticles, electrically conductive materials were obtained. The deposition of a layer of silver nanoparticles has significantly reduced the specific surface electrical resistance of materials. The relevance of the choice of silver nanoparticles is due to their high electrical and thermal conductivity. Modification of materials by plasma spraying is a high-tech method of improving their adhesion, as well as obtaining high electrical conductivity.

Ключевые слова: напыление, плазменное, электропроводящие материалы, наночастицы серебра, электропроводность.

Keyword: sputtering, plasma, electrically conductive materials, silver nanoparticles, electrical conductivity.

В настоящее время плазменные электротехнологии находят все более широкое применение в машиностроении и различных областях техники [1]. Метод плазменного напыления с высокими технико-экономическими показателями применяется в машиностроении, металлургии, энергетике, химической, сельскохозяйственной, нефтегазовой, дорожно-строительной технике, а также на предприятиях коммунального и городского хозяйства.

На сегодняшний день метод плазменного напыления является одним из эффективных методов нанесения покрытий на основе различных металлов. Преимуществом данного метода является равномерность распределения металлов по поверхности [2]. Покрытия, наносимые плазменным напылением, отличаются хорошей равномерностью, стабильностью, высокими плотностью и адгезией.

В основе метода плазменного напыления лежит использование энергии плазменной струи для нагрева и переноса частиц различных металлов. Струю получают путем продувания плазмообразующего газа сквозь электрическую дугу и обжатия стенками медного водоохлаждаемого сопла [3].

При данном способе нанесения покрытий напыляемый материал разогревается до жидкого состояния, затем переносится на обрабатываемую поверхность при помощи потока плазмы с высокой температурой. В качестве напыляемых материалов могут выступать порошки, проволоки и прутки. В настоящее время наибольшее распространение получил порошок способ [4].

Процесс плазменного напыления включает в себя несколько основных этапов: подготовку поверхности; напыление и дополнительную обработку покрытия для улучшения свойств; механическую обработку для достижения чистовых размеров.

Уникальность метода плазменного напыления заключается в высокой температуре плазменной струи (до 20000 оС) и высокой скорости движения частиц в струе (до 500 м/с). Нагрев напыляемой поверхности при этом невелик и составляет не более 200 оС.

Плазменные покрытия, полученные с использованием данного метода, обладают такими свойствами как жаростойкостью, эрозионной прочностью, тепло- и электроизоляцией, противосхватываемостью, коррозионной стойкостью, защитой от кавитации, полупроводниковыми, магнитными свойствами. Схема структуры плазменного покрытия представлена на рисунке 1 [5].

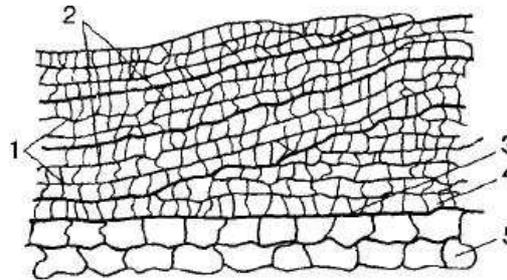


Рис. 1. Схема структуры плазменного покрытия: 1 - граница между частицами напыленного материала; 2 - граница между слоями; 3 - граница между покрытием и материалом (деталью); 4 - частица напыленного материала; 5 - поверхность материала (детали) [5]

В комплект установки для плазменного напыления входят шкаф управления, плазмотрон и порошковый питатель. Основные компоненты - высокочастотный генератор, камера герметизации, резервуар газовой среды, насосная установка для подачи давления, система управления. В качестве плазмообразующего газа используется аргон и водород.

К наиболее актуальным и важным задачам устойчивого современного развития относится получение устойчивых к УФ-излучению химически стойких электропроводящих материалов, которые должны обладать высокой поверхностной активностью, тепловыми и механическими свойствами. Электропроводящие материалы могут использоваться в машиностроении, для штрихкодирования товаров с целью борьбы с контрафактной продукцией, литий-ионных аккумуляторов, защитной спецодежды, тканей-хамелеонов и невидимой одежды [6, 7].

Актуальность выбора наночастиц серебра для напыления обусловлена их высокой электро- и теплопроводностью.

Перед осуществлением процесса напыления наночастиц серебра необходимо выполнить ряд подготовительных операций. Для начала необходимо засыпать порошок в бункер дозатора и включить насос для подачи воды под давлением в систему охлаждения аппаратуры. Далее, необходимо отрегулировать редукторами на баллонах давление газов и на ротаметре их расход, включить источник питания, установить заданное технологией напряжение. После этого включают вентиляцию, осуществляют вращение материала (детали), прогревая его немного плазменной струей, и начинают подачу порошка (наночастиц серебра).

Плазменное напыление наночастиц серебра основано на высокоскоростном разгоне металлического нанопорошка в потоке плазмы с осаждением микрочастиц в виде покрывающего слоя.

Нанесенный слой наночастиц серебра существенно уменьшает удельное поверхностное электрическое сопротивление текстильных материалов, что придает им прекрасные антистатические и бактерицидные свойства. Материалы при этом не электризуются и не накапливают электрический заряд. Кроме того, они обладают высокими показателями электропроводности, т.е. могут проводить электрический ток и их можно использовать в качестве гибких электропроводящих элементов (smart-текстиль).

Таким образом, обработка высокопрочных, термостойких материалов методом плазменного напыления приводит к существенным химическим и морфологическим изменениям их поверхности. Модифицирование материалов методом плазменного напыления является перспективным и высокотехнологичным методом улучшения их адгезии, а также получения высоких показателей электропроводности.

Список литературы:

1. Гоненко Т.В. Технология упрочняющей обработки плоских плазменно-напыленных электронагревателей / Т.В. Гоненко, В.Ф. Хацевский // Эффективное и качественное снабжение и использование

- электроэнергии: сб. докл. 5-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках специализир. форума «Expo Build Russia» (Екатеринбург, 14 апреля 2016 г.). - Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2016. - С. 82-85.
2. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование // Учебник для вузов. Под ред. докт. техн. наук проф. Митина Б.С. - М.: Металлургия, 1992. - 432 с.
 3. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления // Учебное пособие для вузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 360 с.
 4. Плазменное напыление покрытий. – URL: <http://www.electrolibrary.info/newtechnolog/20-plazmennoe-napylenie-pokrytiy.html>. Дата обращения: 04.03.2019.
 5. Плазменное напыление. – URL: <https://worldofmaterials.ru/spravochnik/tekhnologii/121-plazmennoe-napylenie>. Дата обращения: 04.03.2019.
 6. Сапожников С.В., Сафонов В.В. Использование метода химического восстановления оксида графена для получения электропроводящих материалов // Химия и химическая технология: достижения и перспективы. Материалы IV Всероссийской конференции, 27-28 ноября 2018 г., Кемерово / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» – Кемерово, 2018. – С. 417.1-417.2.
 7. Волков Г.М. Машиностроительные материалы нового поколения // Учебное пособие. - Москва: Инфра-М, 2018. - 319 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Г.И. Трифонов, соискатель, млад. науч. сотруд.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков 54 «А», тел. (3822)-12-34-56

E-mail: trifonov_gi@mail.ru

Аннотация: в данной работе проведено исследование газотермического метода напыления износостойких покрытий – плазменное напыление. Спрогнозированы технологические параметры плазменного напыления сферической поверхности детали. Разработаны математические уравнения по определению температуры частиц напыляемого материала и их скорости в плазменной струе.

Abstract: in this paper, a study of the gas-thermal method of spraying wear-resistant coatings-plasma spraying. The technological parameters of the plasma spraying of the spherical surface of the part are predicted. Mathematical equations are developed to determine the temperature of the particles of the sprayed material and their velocity in the plasma jet.

Ключевые слова: плазменное напыление, сферическая поверхность, деталь, скорость плазменной струи, температура напыляемых частиц, кинематические режимы.

Keyword: plasma spraying, spherical surface, detail, speeds of the plasma jet, temperature of the sprayed particles, kinematic modes.

На сегодняшний день существует большое количество химических, гальванических и физических методов по нанесению износостойких, жаропрочных, коррозионностойких и других покрытий, повышающих эксплуатационные свойства поверхности деталей. Подробный анализ того или иного способа или метода в одной научной статье невозможен, поэтому было решено выбрать перспективное направление по созданию надежных, долговечных и износостойких покрытий, а именно плазменное напыление [1].

Целью данной работы является моделирование математической модели расчета скорости и температуры композитного порошка в струе плазмы. Вывод системы уравнений кинематических режимов плазменного напыления для сферической поверхности детали.

В качестве детали-представителя для нанесения покрытия была выбрана сферический кулак шарнира равных угловых скоростей. Для подтверждения и проверки целесообразности нанесения плазменного напыления на сферическую поверхность кулака, были проведены расчеты методом конечных элементов в системе прочностного анализа АРМ FEM программы КОМПАС-3D V15.1 [2]. Данный способ расчетов является методом построения математической модели и методом её исследования.

При планировании применения плазменного напыления сферической поверхности кулака необходимо произвести прогнозируемое назначение основных технологических параметров. Предполагаемая мощность плазматрона составляет 50 кВт. Достижимая температура воздуха на выходе 3000 К. Соответствующая ей энтальпия 3,8·10⁶ Дж/кгК [3]. Тепловой КПД плазматрона 70 %. Расход воздуха G = 9 г/с.

Выбор материала напыления производится с помощью сводных данных по композитным материалам для плазменного напыления, которые представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1

Функциональное назначение покрытий	
Материал покрытий	Характеристика поверхностного слоя, улучшаемая нанесением покрытий
Al ₂ O ₃ , Al-Ni, Ni-Ti, Mo, Cr ₂ O ₃ , Cr, WC, MgAl ₂ O ₄	Износостойкость
Al, Al ₂ O ₃ , Cr, Ti, Zn, Cr ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ -TiO ₂	Коррозионная стойкость
Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , Al-Ni, Mo, ZrB, MgAl ₂ O ₄	Термостойкость
ZrO ₂ , WC-CO, TiC, Cr ₂ O ₃ , Cr-B-Ni	Эрозионная стойкость
W, Mo, WC, Cr-Ni, MoSi ₂ , MgAl ₂ O ₄	Жаропрочность
Al-Ni, Ti-Ni, Al ₂ O ₃ , ZrO ₂	Антисхватывание подвижных узлов
Al ₂ O ₃ , NiSi ₂ , Al-Ni, ZrO ₂	Теплоизоляция
Al ₂ O ₃ , BaTiO ₃ , SiO ₂ , MgO- Al ₂ O ₃	Электроизоляция

Опираясь на анализ основных видов износа, которому подвергается внутренняя сферическая поверхность полумуфты, был выбран напыляемый материал - карбид вольфрама.

Исследования и результаты. Скорость напыляемых частиц является предметом экспериментального изучения. Поэтому соотносить между собой данные, получаемые у различных исследователей в данной области, не представляется возможным, поскольку эксперименты проводились на разном оборудовании и в определенных лабораторных условиях. В связи с этим предлагается математический подход по определению скорости напыляемых частиц.

Определим скорость порошка [5]:

$$W_p = W \sqrt{\frac{3\rho_p C_x}{2\rho d_p}} x \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха при соответствующей температуре, кг/м³; ρ_p – плотность карбида вольфрама, кг/м³; d_p – размер порошка, м; x – расстояние от среза сопла, м; C_x – коэффициент сопротивления.

Моделируя движение частиц порошка карбида вольфрама в плазменной струе принимаем, что карбид вольфрама имеет сферическую форму.

Тогда $C_x = \frac{24}{Re}$, где Re – число Рейнольдса. При этом $Re = \frac{Wd_p}{\nu}$, где ν – коэффициент кинематической вязкости [6]. Тогда:

$$W_p = 6 \sqrt{\frac{W\rho_p \nu}{\rho d_p^2}} x \quad (2)$$

Определение температуры напыляемых частиц при плазменном напылении необходимо проводить с учетом радиуса частиц и изменений свойств материала по радиусу.

Нагрев частиц порошкового материала рассматривался в предположении их сферической формы, что оправдано микронными размерами частиц и их вращением, обусловленным ассиметричным вводом порошка в плазменную струю.

Температура напыляемых частиц находится из уравнения теплообмена частиц порошка с газом. Проведя математическое моделирование процесса нагрева порошка карбида вольфрама, было получено уравнение температуры напыляемых частиц:

$$T_p = T - e^{-\frac{6Nu\lambda}{\rho_p d_p^2 C_p} \tau + const} \quad (3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/мК; C_p – теплоемкость карбида вольфрама; τ – время движения частиц, сек. Стоит учитывать, что $\tau = \frac{2x}{W_p}$, а Nu – число Нуссельта при обтекании шара, при этом $Nu = 2 + 0,03Pr^{0,33} Re^{0,51} + 0,35Pr^{0,35} Re^{0,58}$ [7], где $Pr = \frac{\nu C_p}{\lambda}$ (число Прандтля) [8].

При плазменном напылении достигаемая температура воздуха на выходе равна 3000К [9], а температура плавления карбида вольфрама 3143К [10], следовательно, при осуществлении напыления частицы порошка будут находиться в двухфазном состоянии, то есть состоять из двух слоев: внутреннего (твердого) и внешнего (жидкого). Модель формирования покрытия представлена на рисунке 2. По мере дальнейшего подвода теплоты граница плавления смещается внутрь частиц. В итоге при напылении карбида вольфрама на поверхность детали твердый слой в виде частиц вольфрама осядет на нижнюю границу напыляемого слоя в виду своей плотности и фазового состояния, а углерод и все сопутствующие примеси и газы поднимутся на верхний уровень напыляемого слоя (углеродное стекло).

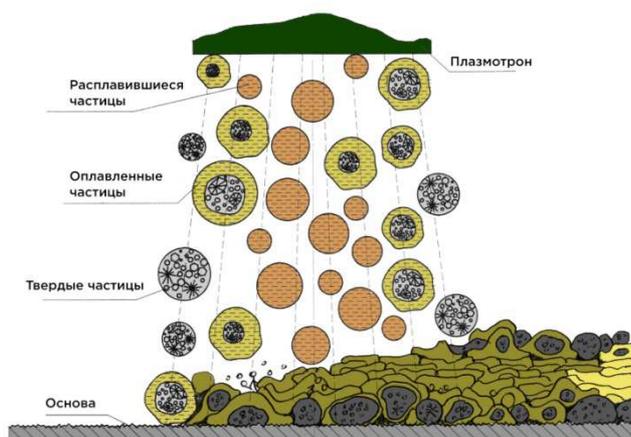


Рис. 1. Процесс формирования плазменного покрытия на поверхности детали

В работе [11] смоделированы условия обеспечения заданной толщины и шага волнистости покрытия в виде системы уравнений, описывающих кинематические режимы напыления:

$$v = \sqrt{\left(\frac{d\rho}{dt}\right)^2 + \rho^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}$$

$$z = \frac{\varphi\beta}{\sqrt{1 + \left(\sin\varphi \frac{d\rho}{dz} + \rho \cos\varphi \frac{d\varphi}{dz}\right)^2}}$$

$$\rho = \rho(\varphi, z) \quad (4)$$

где v – скорость перемещения распылителя относительно напыляемой поверхности, м/с; ρ , φ , z – цилиндрические координаты, β – шаг спирали траектории перемещения центра пятна напыления по поверхности.

Первое уравнение системы (1) определяет скорость перемещения плазматрона, второе – перемещение центра пятна напыления по напыляемой поверхности, а третье – уравнение напыляемой поверхности.

Основываясь на уравнения, описывающие геометрические особенности детали со сферической поверхностью и их габаритные размеры, были смоделированы кинематические режимы плазменного напыления, а именно: скорость вращения кулака, продольная, радиальная и контурная скорости перемещения плазматрона при плазменном напылении сферической поверхности кулака [12,13]. Схема напыления сферической поверхности детали представлена на рисунке 2.

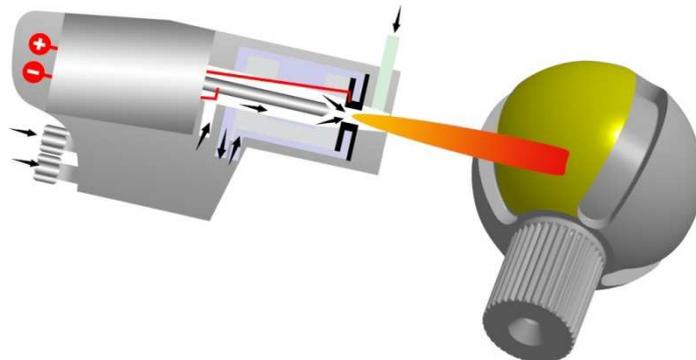


Рис. 2. Напыление сферической поверхности детали

В итоге, полученные математические зависимости можно использовать при обработке процесса нанесения плазменного напыления на автоматических установках при напылении сферических поверхностей деталей.

Выводы. Разработанные математические уравнения позволят определять температуру частиц напыляемого материала, например, карбида вольфрама, и их скорость в плазменной струе. На основе прошлых работ автора рассмотрена кинематика плазменного напыления сферической поверхности кулака шарнира равных угловых скоростей.

Список литературы:

1. Жачкин С.Ю. Применение технологии плазменного напыления для повышения эксплуатационной надежности сельхозмашин / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, Г.И. Трифонов // Журнал «Наука в Центральной России» ФГБНУ ВНИИТИН. №4 (28). 2017 г. С.131–136.
2. Sharifullin S.N. Calculation of parameters of particles in a plasma jet and modeling of kinematic models of spraying of wear resistant material / S.N. Sharifullin, G.I. Trifonov, I.N. Vyachina // Journal of Physics: Conf. Series. 2018. V. 1058. (012047). DOI: 10.1088/1742-6596/1058/1/012047.
3. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. Издание второе, дополненное и переработанное. М.: «Наука». 1972. – 720 с.
4. Ильющенко А.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование / А.Ф. Ильющенко, А.И. Шевцов, В.А. Оковитый, Г.Ф. Громыко – Минск: Беларус. навука, 2011. – 357 с.
5. Кудинов В.В., Иванов В.М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. – М.: Машиностроение, 1981. – 192 с.
6. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. Изд. 5-е перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
7. Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
8. Донской А.В., Клубникин В.С. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1979. – 221 с.
9. Lomuhin V.B. Opportunity some relationship tribo between plasma and service life of machines and mechanisms /V. B. Lomuhin, S. N. Sharifullin, I. V. Lapteva // IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series. – 2016. V. 669. DOI:10.1088/1742-6596/669/1/012051.
10. Лещинский Л.К. Плазменное поверхностное упрочнение / Л.К. Лещинский, С.С. Сомотугин, И.И. Пирч, В.И. Комар // К.: Тэхніка, 1990. – 109 с.
11. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления // Учеб. пособие по курсу «Технология конструкций из металлокомпозиов». 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2008. – 360 с.
12. Жачкин С.Ю. Моделирование кинематики плазменного напыления на сложнопрофильные поверхности [Текст] / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, Г.И. Трифонов // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 128. С.133–139.
13. Жачкин С.Ю. Влияние кинематики движения инструмента на формирование износостойкого покрытия / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, Г.И. Трифонов // Вестник Воронежского государственного технического университета. Т.14. №5. 2018. С. 142–147.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТАНКОВ С ЧПУ

К.В. Епифанцев к.т.н., доц, Д.А Шилов студ, П.А. Около-Кулак студ
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт-Петербург ул. Большая Морская 67, тел 8(963)343-7759
E-mail:epifancew@gmail.com

Аннотация: В настоящее время промышленные датчики перемещений необходимы для увеличения продуктивности и точности работы металлообрабатывающих станков с ЧПУ. В течение двух десятилетий во всех отраслях производства успешно применяются датчики и измерители пути: датчик положения, датчик перемещения. Являясь связующим звеном между электронной и механической частями станка, датчик перемещения и датчик положения стал неотъемлемым элементом оборудования для автоматизации различных процессов. В специализированной аудитории ГУАП «ФГУП Тест-С. Петербург» проводятся исследования индуктивных датчиков перемещения на установке ИД-3. Исследования позволяют совершенствовать главные метрологические характеристики оборудования, применяемого для измерений в металлообработке.

Abstract: Currently, industrial displacement sensors are needed to increase the productivity and accuracy of CNC machine tools. For two decades, sensors and path meters have been successfully used in all industries: position sensor, displacement sensor. As a link between the electronic and mechanical parts of the devices, the displacement sensor and the position sensor has become an integral part of the equipment for the automation of various processes. In the specialized audience of the SUAI, research is being conducted on inductive displacement sensors at the ID-3 installation. Research allows to improve the main metrological characteristics of the equipment used for measurements in Metalworking.

Ключевые слова: датчик, промышленность, перемещение, точность, ЧПУ- станок, продуктивность.

Key words: sensor, industry, moving, precision, CNC- machine, productivity.

В измерительных преобразователях, используемых для контроля перемещений в металлообрабатывающих станках (Рисунок 1), используются датчики двух типов – индуктивные и индукционные.

Индуктивным называется такой преобразователь, который преобразует значение измеряемой (механической) величины в значение индуктивности. Он представляет собой катушку индуктивности, полное сопротивление которой изменяется при взаимном перемещении элементов магнитопровода.

Индукционным называют такой преобразователь, в котором скорость изменения измеряемой величины преобразуется в индуцируемую ЭДС. В данных преобразователях естественной входной величиной является скорость механического перемещения (и поэтому непосредственно они могут применяться только для измерения скорости линейных и угловых перемещений), а выходной величиной - индуцированная ЭДС

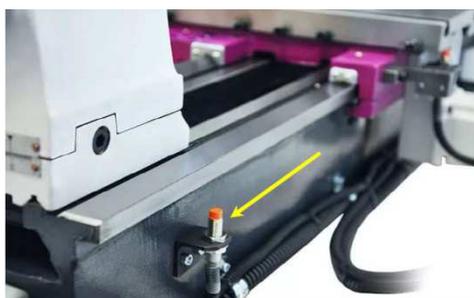


Рис. 1. Пример установки индуктивного датчика перемещения на станке платформе Fanuc

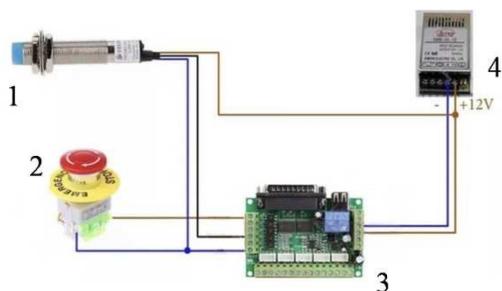


Рис. 2. Схема подключения индуктивного датчика перемещения. 1-датчик перемещения, 2-кнопка экстренной остановки, 3-устройство записи и вывода данных, 4-блок питания

У преобразователей с малым воздушным зазором x , величина которого изменяется при перемещении элемента магнитопровода, изменяется магнитное сопротивление магнитной цепи и поэтому изменяется индуктивность и добротность катушки. Во многом это зависит от «стерильности»

при монтаже оборудования (Рисунок 2), правильности стыковки основных узлов, минимизации статического электричества, запыленной поверхности, влажности вблизи оборудования

Рассмотрим принципиальную схему разработанной установки для исследования работы датчиков перемещения (Рисунок 3) и конструкцию чувствительного элемента индуктивного датчика (Рисунок 4).

Индуктивный датчик перемещений представляет собой устройство, осуществляющее преобразование информации об изменении физических величин (линейное расстояние до объекта) в соответствующее изменение выходного напряжения. Он состоит из чувствительного элемента – катушки индуктивности с установленным в ней ферромагнитным сердечником, который может иметь различную форму (Рисунок 4) (половина ферритового кольца, броневого ферритовый сердечник), и преобразователя, осуществляющего прием, преобразование и выдачу измерительной информации с катушки индуктивности.

Чувствительный элемент (датчик) (Рисунок 4) представляет собой катушку индуктивности, параллельно соединенную с конденсатором, и образует вместе с ним колебательный контур.

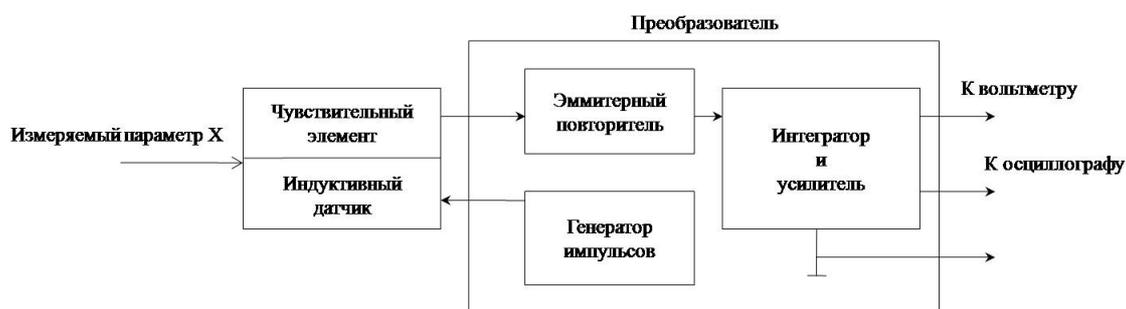


Рис. 3 Структурная схема индуктивного датчика перемещений

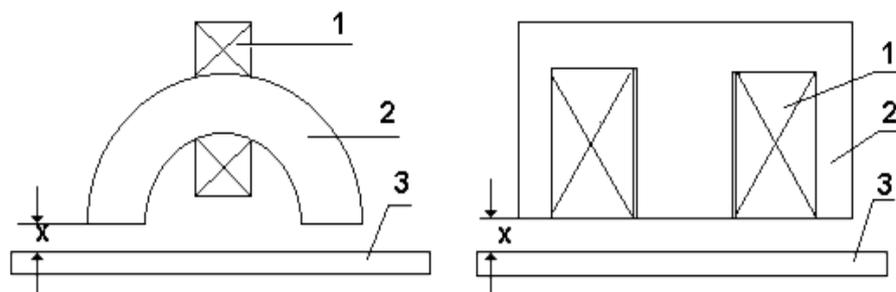


Рис. 4. Конструкция чувствительного элемента индуктивного датчика.
1-обмотка, 2-ферритовый сердечник, 3-основание (движущийся объект)

Преобразователь выполняет генерацию импульсного напряжения, обработку сигнала, полученного с колебательного контура, его усиление и индикацию.

Лабораторной установкой является измерительный штатив (Рисунок 5), в который устанавливаются различные индуктивные датчики. Он состоит из преобразователя, индуктивных датчиков, металлической пластины (подвижный элемент магнитопровода), зажимающего винта, ручки бокового перемещения, клемм для подключения, Мультиметр Voltcraft MXD 4660 и осциллографа С1-55 и в целом представляет собой установку ИД-3 (Рисунок 5).

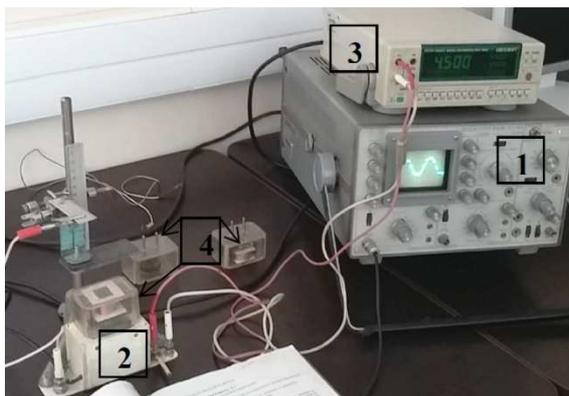


Рис. 5. Используемая установка ИД-3. 1 – Осциллограф С1-55, 2 – Измерительный штатив с подвижным элементом магнитопровода, 3 - мультиметр Voltcraft MXD 4660, 4 – Набор катушек индуктивности в пластиковом корпусе с вилкой

Исследуемые индуктивности и активные сопротивления катушек датчиков:

N1- L=107 мГн, R1 = 35,5 Ом;

N2- L=17,8 мГн, R2 =12,5 Ом;

N3- L=18,0 мГн; R3 =12,6 Ом;



Рис. 6 Катушка индуктивности в пластиковом корпусе и вилкой

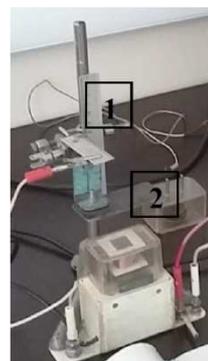


Рис. 7. Штатив с катушками индуктивности: 1 – система движения по оси X и Y, 2 – металлическая пластина – имитатор обрабатываемой заготовки на станке ЧПУ

Рассмотрим природу индуктивность L катушки (Рисунок 6)

$$L = \frac{\omega^2}{Z_M}$$

где ω - число витков катушки,

Z_M - полное сопротивление магнитной цепи,

Изменение индуктивного сопротивления катушки ведет к изменению ее полного сопротивления Z.

Полное сопротивление Z катушки определяется выражением

$$Z = R + j\omega \frac{\omega^2}{Z_M}$$

где $\omega = 2\pi f$ - круговая частота колебаний.

R - активное сопротивление катушки постоянному току,

ZM можно представить как
 $ZM = RMCT + RX$

$$R_x = \frac{x}{\mu_0 S}$$

RMCT - магнитное сопротивление участков из стали,
 где RX - магнитное сопротивление воздушного зазора x
 x- воздушный зазор,
 $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м - магнитная проницаемость воздушного зазора,
 S - площадь воздушного зазора.

Таким образом, важным и наиболее применимым к измерению является воздушный зазор RX, который необходимо исследовать на установке. В результате исследования три катушки поочередно были вставлены в штатив (Рисунок 7), который в свою очередь, соединялся с мультиметром и осциллографом. Движения проводились через каждые 2 мм.

Результаты проведенных измерений были помещены в таблицу 1

Таблица 1

Результаты измерений напряжения на выходе интегратора

Катушка №1		Катушка №2		Катушка №3	
X, мм	U, мВ	X, мм	U, мВ	X, мм	U, мВ
0	1631	0	1725	0	1920
2	2098	2	1953	2	2403
4	2737	4	2428	4	3065
6	3460	6	2877	6	3615
8	4152	8	3115	8	3940
10	4863	10	3378	10	4151
15	6079	15	3907	15	4443
20	6824	20	4177	20	4542
25	7222	25	4319	25	4585
30	7435	30	4396	30	4602
35	7550	35	4433	35	4610
40	7616	40	4460	40	4613
45	7655	45	4471	45	4613
50	7677	50	4478	50	4613

По данным таблицы 1 были построены графики функции преобразования по результатам измерений напряжений на выходе интегратора:

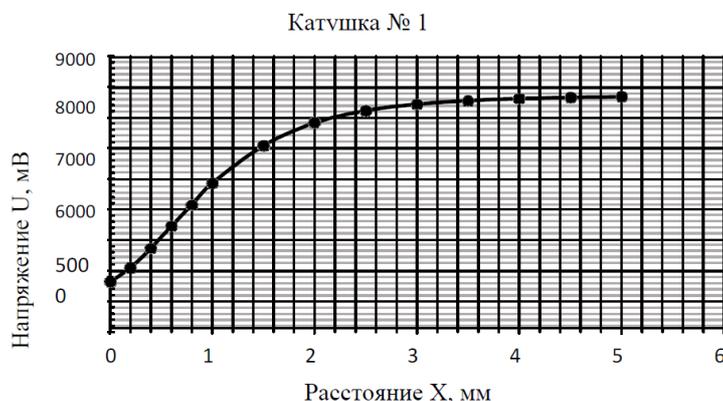


Рис. 8. График функции преобразования для датчика с катушкой № 1

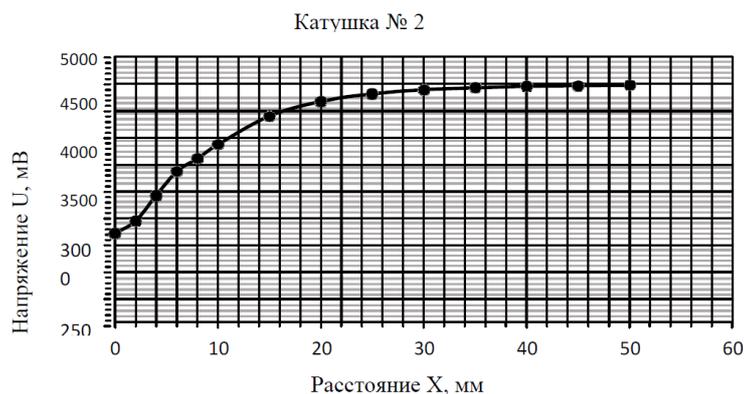


Рис. 9. График функции преобразования для датчика с катушкой № 2

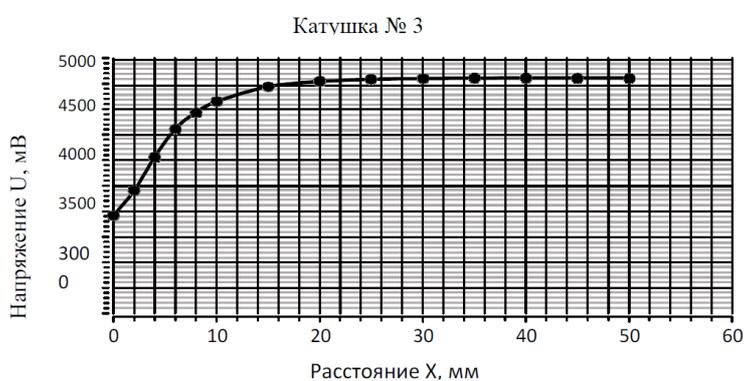


Рис. 10. График функции преобразования для датчика с катушкой № 3

Данные исследования позволяют сделать вывод о том что катушка № 1 с параметрами $N1-L=107$ мГн, $R1 = 35,5$ Ом является наиболее чувствительной на очень узком интервале - от 1 до 5 мм, однако катушки 2 и 3 могут обеспечивать более широкий диапазон измерений – до 50 мм, что также является ценным свойством для системы измерительных преобразователей. В процессе изготовления катушке индуктивности были приняты разные методы намотки медной проволоки на средечник, что безусловно могло привести к изменению диапазона измерений.

Список литературы:

1. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. - М. АСАДЕМА, 2003.
2. Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. М., 1954.
3. Карцев Е.А. Измерительные преобразователи. - М. МИЭМ, 1986.
4. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Измерительные преобразователи. - Л., Энергоатомиздат, 1983.
5. Бриндли, К. Измерительные преобразователи. Справочное пособие / К. Бриндли. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 144 с.
6. Гальваномагнитные преобразователи в измерительной технике / В.В. Брайко и др. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 360 с.
7. Дубовой, Н.Д. Автоматические многофункциональные измерительные преобразователи / Дубовой Н.Д.. - М.: Радио и связь, 1989. - 256 с.
8. Нуберт, Г.П. Измерительные преобразователи неэлектрических величин / Нуберт Г.П. - М.: Энергия, 2009. - 360 с.
9. Топильский, В.Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи / Топильский В.Б. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. - 496 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТРЕЛОЧНОГО МЕХАНИЗМА АМПЕРМЕТРА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ КАЛИБРОВКЕ

*Т.П. Мишура к.т.н., доц, К.В. Епифанцев к.т.н., доц, М.С. Титова магистрант
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт-Петербург ул. Большая Морская 67, тел 8(963)343-7759
E-mail:epifancew@gmail.com*

Аннотация: В машиностроении и приборостроении важную роль играет межинтервальная калибровка средств измерений. В практике использования измерений очень важным показателем становится точность, которая представляет собой ту степень близости итогов измерения к некоторому действительному значению, которая используется для качественного сравнения измерительных операций. А в качестве количественной оценки, как правило, используется погрешность измерений. Погрешность измерения - отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Под истинным значением физической величины понимается значение, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующие свойства измеряемого объекта [1].

Abstract: in the practice of using measurements, their accuracy becomes a very important indicator, which is the degree of proximity of the measurement results to a certain real value, which is used for qualitative comparison of measuring operations. And as a quantitative assessment, as a rule, measurement error is used. Measurement error-the deviation of the measurement result from the true value of the measured value. The true value of a physical quantity is understood as a value that would ideally reflect in qualitative and quantitative relations the corresponding properties of the measured object [1].

Ключевые слова: конструкция стрелочного механизма, измерение погрешности, калибровка прибора типа М2044, измерение переменного и постоянного тока

Keywords: design of the switch mechanism, error measurement, calibration of the device type М2044, AC/DC measurement

В ходе исследования была произведена калибровка прибора типа М2044 в лаборатории ПАО «Техприбор». Вольтамперметр М2044 относится к электроизмерительным лабораторным переносным аналоговым приборам, предназначенный для измерения постоянных напряжений и силы тока.

Внешний вид прибора представлен ниже (Рисунок 1).



Рис. 1. Внешний вид прибора М2044



Рис. 2. Внешний вид калибратора Н4-11

В ходе проведения калибровки используется эталон – калибратор Н4-11. Данный калибратор обеспечивает воспроизведение напряжения и силы постоянного и переменного тока в широком диапазоне. Предназначен для калибровки (поверки) электроизмерительных приборов (стрелочных), в том числе на месте их установки за счет высокой мобильности прибора и малого времени установления рабочего режима. Калибратор Н4-11 обеспечивает воспроизведение напряжения до 600 В и силы тока до 2 А. С блоком преобразователя ПНТ-50 (Рисунок 2). Калибратор обеспечивает воспроизведение силы постоянного и переменного тока до 50 А.

Поверка вольтамперметра типа М2044 осуществляется в соответствии с ГОСТ 8.497-83 «ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки».

Настоящий стандарт распространяется на амперметры, вольтметры, ваттметры и варметры по ГОСТ 8711 и ГОСТ 8476, а так же на измерительные части этих приборов и устанавливает мето-

дику их первичной и периодической поверок на постоянном и переменном токе в диапазоне частот 10 – 20000 Гц.

Основную погрешность приборов в процентах нормирующего значения вычисляют по формуле:

$$\gamma = \frac{A_{\text{изм}} - A_{\text{д}}}{A_{\text{н}}} \cdot 100,$$

где

$A_{\text{изм}}$ - значение измеряемой величины, определяемое по показаниям поверяемого прибора;

$A_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям образцового средства измерений;

$A_{\text{н}}$ – нормирующее значение.

Основная погрешность поверяемого прибора не должна превышать предела допускаемой основной погрешности по ГОСТ 8476 и ГОСТ 8711.

По результатам показаний калибровки вольтамперметра типа М2044 за три года был составлен график зависимости основных погрешностей калибруемого прибора за 2016, 2017, 2018 года (график).

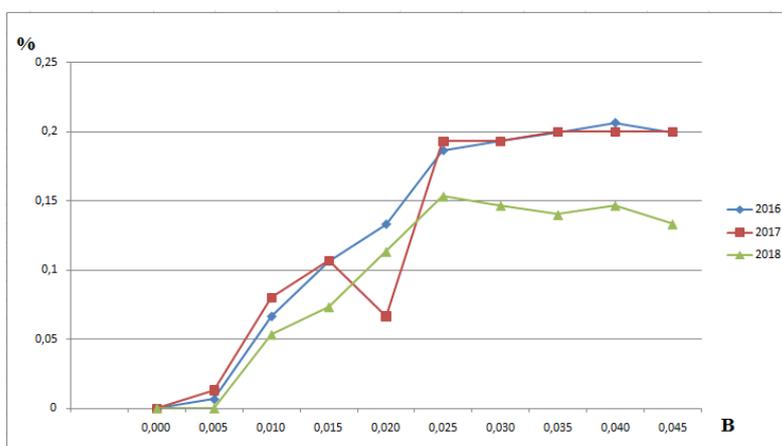


Рис. 3. Зависимость основных погрешностей калибруемого прибора за 2016, 2017, 2018 года

По данным, полученным при калибровке прибора М2044, можно сделать вывод, что основные погрешности за 2016, 2017, 2018 года приблизительно равны в измеренных точках. При использовании прибора, на производстве должны соблюдаться обязательные требования пользования (прописанные в руководстве по эксплуатации и ГОСТ), для того чтобы избежать погрешностей измерений.

Для улучшения визуального представления по погрешности было решено изменить конструкцию стрелки амперметра. Данная конструкция представлена на рисунке 3

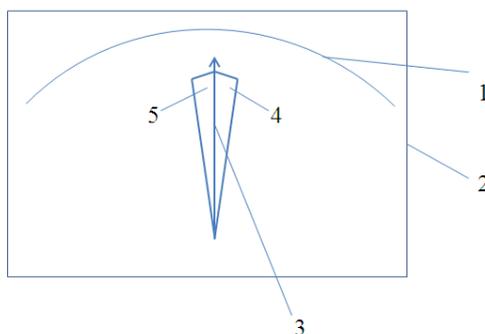


Рис. 4. Модернизированная конструкция стрелки «с крыльями»

На данном рисунке: 1 – измерительная шкала, 2 – рамка измерительного прибора (экран) 3 – стрелка «с крыльями» 4 – правое крыло, обозначающее E_s погрешности, 5 – левое крыло, обозначающее E_i погрешности

Модернизация электроизмерительного оборудования является очень актуальным направлением, так как по заявлениям производителей рынка радиоэлектроники электроизмерительные приборы, применявшиеся ранее 2000 г., в частности - стрелочные амперметры, вольтметры, ваттметры и варметры имели низкий класс точности (как правило, 2,5), грубую шкалу и «мертвую зону» в начале шкалы – порядка 15–20% диапазона измерений. Все это не позволяло обеспечить необходимую достоверность результатов измерений при работе со стрелочными приборами и корректно рассчитывать режимы работы электрооборудования по полученным показаниям [4]. Данная описанная на рисунке 3 конструкция прибора позволит оператору более оперативно реагировать на крайние интервалы измерений, ликвидировать «мертвые зоны». Циферное обозначение класса точности на шкале прибора накладывает на оператора дополнительные затраты на математические расчеты погрешности, однако с нашей конструкцией стрелочного механизма прибор получит дополнительные возможности – интервал уже будет просчитан. Прибор будет более полезным для метрологов при определении погрешности.

Список литературы:

1. А. И. Аристов, Т. М. Раковщик Основы метрологии, стандартизации и сертификации, 2013, 7 с.
2. ЗПБ.379.061 РЭ «Приборы электроизмерительные лабораторные переносные аналоговые М2042, М2044, М2051. Руководство по эксплуатации».
3. ГОСТ 8.497-83 «ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки».
4. Эволюция электроизмерительных приборов. В.В. Ленский, Журнал «ИСУП», № 2(56)_2015. <http://isup.ru/articles/16/7251/>
5. «Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА». Справочник. Минск. «Беларусь». 1994г.
6. Вуколов Н.И, Михайлов А.Н., «Знакосинтезирующие индикаторы». Справочник. М. «Радио и связь», 1993г.
7. А.В. Шилейко «Электронные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи», 1989 г.
8. Цифровые интегральные микросхемы; Справочник. Минск. «Беларусь», 1991г. 12 В.С. Кострома, В.Я. Яцкевич «Электронные устройства в железнодорожной автоматике, телемеханике и связи». Методические указания по курсовому проектированию. Часть I. Разработка цифрового вольтметра.
9. Исследование погрешностей вольтамперметра М2044 для перспективного развития методики калибровки. К.В. Епифанцев, Т.П. Мишура, М.С. Титова, Вопросы радиоэлектроники, 2018 г. №10, стр. 25-29

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОГИКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬТИПЛЕКСОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*К.В. Епифанцев к.т.н., доц, А.А. Сурмило студ., Ю.Е Алексеева студ., П.А. Позднякова студ.
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт-Петербург ул. Большая Морская 67, тел 8(963)343-7759
E-mail: epifancew@gmail.com*

Аннотация: Цифровые многопозиционные переключатели, или коммутаторы, называют мультиплексорами. Они позволяют коммутировать (передавать) сигналы от одного из нескольких источников цифровой информации к единственному приемнику информации. Поэтому мультиплексоры имеют несколько информационных входов и только один выход. Для выбора нужного источника информации мультиплексоры имеют адресные входы. Если мультиплексор имеет n адресных входов, то он может иметь не более $2n$ информационных входов. Мультиплексоры способны выбирать (селектировать) определенный канал, поэтому иногда их называют селекторами или селекторами-мультиплексорами. Мультиплексоры могут осуществлять преобразование параллельных цифровых кодов в последовательные, а также применяться в качестве универсальных логических элементов. Они различаются по числу входов, по способам адресации, наличием дополнительных входов разрешения и различных выходов (прямых и инверсных).

Abstract: Digital multi-position switches, or switches, are called multiplexers. They allow you to switch (transmit) signals from one of several sources of digital information to one receiver of information. Therefore, multiplexers have several information inputs and only one output. To select the desired source of information multiplexers, have address inputs. If the multiplexer has n address inputs, it can have no more than $2n$ information inputs. Multiplexers are able to select (select) a specific channel, so sometimes they are

called selectors or selectors multiplexers. Multiplexers can convert parallel digital codes into serial codes, as well as be used as universal logic elements. They differ in the number of inputs, addressing methods, the presence of additional resolution inputs and different outputs (forward and reverse).

Ключевые слова: коммутатор, сигнал, цифровой код, канал, селектор, мультиплексор

Keywords: switch, signal, digital code, channel, selector, multiplexer

Мультиплексоры – это специальные сетевые устройства, которые предназначаются для передачи различных потоков информации с большой скоростью. При передаче используется единичная линия связи. Передаваемый поток информации должен обладать маленькой скоростью.

Использование мультиплексоров – актуальная, быстрая и экономная мера. Их применение позволяет отказаться от создания нового канала связи, передающего информацию, независимо проводного или беспроводного.

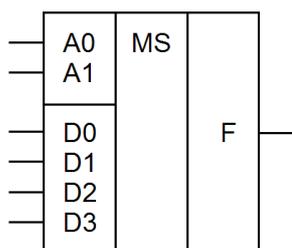


Рис. 1. Условное обозначение мультиплексора

Мультиплексоры используются во многих областях жизни и работы человека. Очень часто мультиплексоры применяются в телекоммуникационных системах, системах видеонаблюдения и в других областях. Практически все сферы являются очень перспективными для использования мультиплексоров.

Энергетическая сфера очень широко использует мультиплексоры. В этой сфере такие устройства способствуют передаче информационных данных от различных датчиков, которые расположены друг от друга на большом расстоянии.

Информация передается с использованием единичной линии.

Коммуникационные сети достаточно часто используют мультиплексоры. Они помогают уменьшить стоимость связи. Именно поэтому операторы связи его часто используют. Результат работы мультиплексора будет более заметным, при условии дальнего расстояния между АТС.

Достаточно популярным становится применение мультиплексоров для проведения видеоконференцсвязи. Это подразумевает двустороннюю передачу, с последующей обработкой, преобразованием и дальнейшим представлением интерактивных информационных данных. Все это происходит в настоящее время и сигнал передается на достаточно большое расстояние. При организации видеоконференцсвязи учитывается ее вид. От этого вида зависит использование различных специальных сетевых устройств. Могут использоваться специальные групповые или индивидуальные терминалы для проведения видеоконференции.

Индивидуальный терминал применяется при использовании специального режима видеосвязи в реальном времени на своем рабочем месте. Как индивидуальный терминал может использоваться ноутбук, персональный компьютер, смартфон, планшет или специальный терминал, обеспечивающий видеосвязь. Групповой терминал применяется для проведения групповой видеосвязи. Для этого используются комнаты, в которых расположено специальные сетевые приборы. Такие системы имеют только 1 общий выход и некоторое количество входов, которое необходимо для создания видеосвязи. Это могут обеспечить данные сетевые устройства – мультиплексоры.

В общем виде принцип действия мультиплексора можно объяснить на примере коммутатора, обеспечивающего соединение входов с выходом устройства. Работа коммутатора обеспечивается на основе управляющей схемы, в которой существуют адресные и разрешающие входы. Сигналы с адресных входов указывают, какой именно информационный канал соединен с выходом. Разрешающие входы применяют для увеличения возможностей – увеличения разрядности, синхронизации с протеканием работы прочих механизмов и пр. Для создания управляющей схемы мультиплексора обычно используют дешифратор адреса.

По сути сфер эксплуатации современных устройств очень много. Наиболее востребованными областями, применяющими его, выступают: телекоммуникации, а также сфера видеонаблюдения и т.п.

Очень часто мультиплексоры применяются в коммуникационных структурах. В его задачу входит снижение себестоимости связи, что конечно обуславливает его практичность и востребованность. И что характерно, чем большее расстояние от АТС, тем эффективнее результат применения прибора. Купить атс можно даже через онлайн

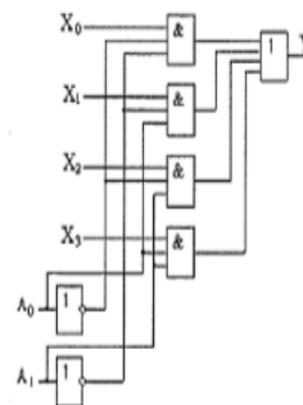


Рис. 2. Структурная схема мультиплексора

интернет-магазин, что в наше время очень удобно.

Также особый интерес к данному оборудованию проявляют организации, имеющие потребность в видео конференции. Здесь предполагается получение, обработка и преобразование информации с двух сторон.

Всё действие осуществляется в режиме нон-стоп, учитывая расстояние, через которое проводится импульс.

В зависимости от типа видеоконференции могут использоваться необходимые устройства, такие как индивидуальные терминалы, совместные видео взаимодействия.

Оборудование индивидуального использования предназначаются для видеосвязи в on-line режиме, не выходя из дома или офиса. В виде терминалов могут применяться стационарные компьютеры, планшетные устройства, гаджеты, ноутбуки, либо специальные структуры.



Рис. 3. Общий вид мультиплектора СМК-30 в 19" шкафу

Групповые системы применяются при создании совместной видеоконференции, их проводят обычно в помещении со специальными приборами. Эта структура имеет только общий выход и нужное число конкретных входов.

Мультиплексоры, благодаря своей безопасности и недорогой стоимости, это хороший способ организовать новую сетку либо улучшить возможности действующей.

Ниже представлены примеры отечественных мультиплексоров, не уступающих по своим характеристикам зарубежным аналогам и широко используемых в промышленной и транспортной сферах России.

Мультиплексор “СМК-30” (в дальнейшем – мультиплексор) – это современная универсальная высоконадежная экономичная цифровая система коммутации каналов, предназначенная для установки на узлах различного уровня ТфОП ВСС России и ведомственных телефонных сетей в качестве учрежденческопроизводственной АТС. Технические параметры и эксплуатационные характеристики мультиплексор полностью соответствуют требованиям Министерства связи

РФ (“Общие технические требования к учрежденческо-производственным АТС (УПАТС), включаемым в общегосударственную телефонную сеть (ОГСТфС)”, действующим в России документам по стандартизации и регламентации отрасли связи (ГОСТ, РТМ по телефонной связи и РТМ по применению систем сигнализации), а также международным стандартам – Рекомендациям МККТТ серий D, E, G, I, K, M, P, Q, V, X, Z. Мультиплексор может использоваться в качестве узлового, транзитного или местного оконечного центра коммутации каналов, а также концентратора удаленных местных линий с функциями управления установлением соединений, технического обслуживания, сбора статистики и данных по тарификации. Мультиплексор сочетает в себе широкий набор функциональных возможностей с максимальным удобством и простотой работы оператора. Во время работы мультиплексора постоянно идет процесс автоматической диагностики всего оборудования, начиная от входа линейных цепей и заканчивая управляющим модулем мультиплексора. В случае обнаружения повреждения происходит переход на резервный модуль и оповещение персонала станции. Производится также непрерывный мониторинг состояния линий связи. Развитая система телеметрического контроля позволяет контролировать линейные токи, напряжения, параметры отдельных модулей станции. Мультиплексор позволяет организовать связь между удаленными объектами по цифровым каналам 64 кбит/с, каналы для подключения удаленных аналоговых и цифровых телефонов к АТС; организовать сеть распределенных мини-АТС. Мультиплексор предназначен для эксплуатации в сетях различного назначения, в том числе и сетях ОН, ОБТС железных дорог России.

Таблица 1

Технические характеристики мультиплексора СМК-30	
Количество каналов Е1	4
Параметры каналов Е1	В соответствии с рек. G.703
Максимальное количество абонентских модулей	15
Максимальное количество абонентских каналов	120
Емкость коммутатора	256 / 512
Коммутация	Произвольная, любых тайм-слотов каналов Е1 и абонентских модулей
Используемые типы и протоколы сигнализации	Цифровые: ОКС7, EDSS1 (PRI), QSIG, R1.5, 2ВСК Удельная
Удельная нагрузка на АЛ и СЛ	До 1 Эрл
Диапазон регулировки напряжения на АЛ	30/60/120 В
Диапазон регулировки тока АЛ	0 ÷ 32 мА
Потребляемая мощность	25-70 Вт в зависимости от числа активных каналов
Наработка на полный отказ	Не менее 5 лет в течение срока службы при среднем времени восстановления работоспособности не более 0,5 часа
Срок сохраняемости изделий в упакованном виде	в упакованном виде Не менее 12 месяцев с момента отгрузки оборудования (включая срок транспортирования)

Гибкий мультиплексор Nateks MMX предназначен для использования на первичных сетях ВСС в качестве базового оборудования для построения узлов кросс-коннекта с предоставлением интегрированных услуг «голос+данные», а также для построения высоконадежных сетей технологической связи с высокой степенью резервирования и надежности (железнодорожный транспорт, нефте- и газодобывающая промышленность, транспорт нефти и газа, предприятия электроэнергетического комплекса).



Рис. 4. Общий вид мультиплексора Nateks MMX

Совместно с системой управления, провизинга и автоматической кросс-коммутации, мультиплексор образует универсальную платформу для построения телекоммуникационных сетей любого назначения и любой сложности.

Основные функциональные возможности мультиплексора NATEKS MMX

Конструктивное исполнение 5 видов шасси

Поддержка до четырех портов STM-4/1

Поддержка до 64 потоков Е1 с неблокируемым кросс-коннектом N*64 кбит/с

Организация аналоговых и цифровых групповых каналов связи для реализации служебной связи, конференц-связи, диспетчерской связи, каналов телеметрии и телемеханики
 Резервирование 1+1 модулей блоков питания, матрицы кросс-коммутации и управления
 Резервирование 1+1 и 1:1 интерфейсных модулей и трибутарных интерфейсов
 Поддержка функций резервирования КИ 64К SNC и SP-Ring
 Поддержка функции TDMoEthernet
 Поддержка сетевых топологий: «точка-точка», «линия», «звезда», «дерево», «кольцо»
 Аналоговые интерфейсы: FXS, FXO, 2-х проводный ТЧ, 4-х проводный ТЧ, ТЧ с E&M
 I, II, III, IV и V типов
 Цифровые интерфейсы: V.35/V.36/X.2/RS232/RS442/RS449/RS530/RS485 Ethernet 10/100/1000
 Интерфейсы специального назначения:
 С37.94 интерфейс для подключения модулей РЗ и ПА
 интерфейс телефонного аппарата с местной батареей
 Бинарные интерфейсы: «сухие» контакты

Таблица 2

Основные функциональные возможности

Шасси	5U	2.5U	3U	2U	IP67
Габариты (ШxВxГ), мм	438x220x224	438x110x224	438x132x224	438x88x224	370x370x307
Мини-слотов	4	4	4	9	4
Полных слотов	12	3	5	—	4
Количество потоков Е1	64	28	36	36	32
Матрица кросс-коммутации, Мбит/с	128	56	72	72	64

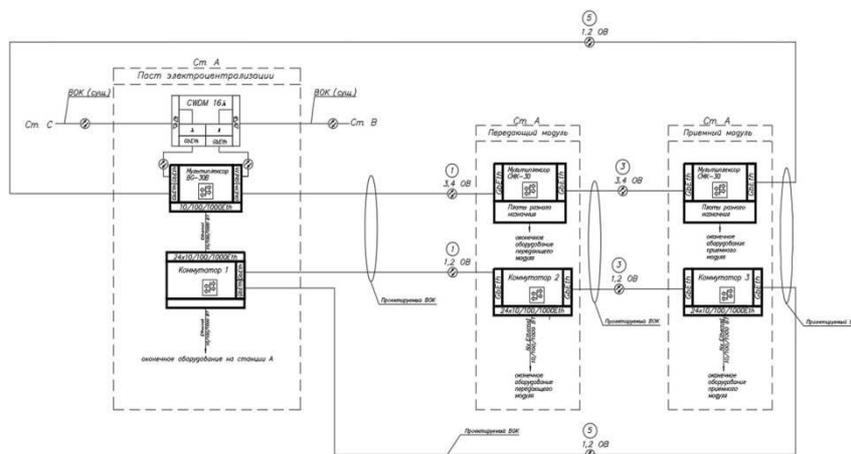


Рис. 5. Схема передачи данных на станции А

Без мультиплексного оборудования невозможна организация крупных сетей передачи данных (включающих в себя разные по функционалу оконечное оборудование). В данной статье был проанализирован функциональное назначение мультиплексного оборудования, а также приведены рабочая схема сети передачи данных с использованием данного оборудования.

Список литературы:

1. Мультисервисный мультиплексор СМК-30. Руководство по эксплуатации. ООО НПЛ «Пульсар».
2. Гибкий мультиплексор с функцией кросс-коммутации n x 64 кбит/с. Краткое техническое описание. Научно-технический центр НАТЕКС, 2009.
3. Мультиплексоры и процессоры телеобработки данных ЕС ЭВМ. Уткин В. И. Москва. Радио и Связь. 1987г.
4. Справочник по цифроаналоговым и аналогоцифровым преобразователям. Ю.Гнатек.1982 год.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

О.Г. Девойно, д.т.н., проф., Н.И. Луцко, науч. сотр., А.С. Лапковский, науч. сотр.,
Белорусский национальный технический университет
220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65, тел. (375 17)331-00-45
E-mail: nilucko@tut.by

Аннотация: Исследована износостойкость покрытия из самофлюсующегося сплава на основе никеля и мультимодального покрытия из сплава на основе никеля и бронзы в условиях сухого трения и трения с граничной смазкой. Показаны преимущества мультимодального покрытия в обоих случаях.

Abstract: The wear resistance of nickel-base self-fluxing alloy coating and multimodal coating of nickel based alloy and bronze under dry friction and friction with boundary lubrication was investigated. The advantages of multimodal coating are shown in both cases.

Ключевые слова: лазерная наплавка, мультимодальные покрытия, износостойкость, коэффициент трения

Keywords: laser cladding, multimodal coatings, wear resistance, friction ratio

Потребность промышленности в высоко-износостойких материалах постоянно растет. При этом пределы упрочнения однокомпонентных материалов близки к исчерпанию. По этой причине возрастает роль композиционных материалов, позволяющих значительно увеличить износостойкость, в том числе композиционных упрочняющих покрытий. Особое место среди композиционных покрытий занимают так называемые мультимодальные покрытия, которые показывают особенно высокие физико-механические свойства [1, 2]. Поскольку лазерная наплавка позволяет наносить валики небольших размеров, поперечные сечения которых сравнимы с размером лазерного пятна, она дает возможность проектировать и создавать мультимодальные покрытия, состоящие из полосчатых слоев, полученных чередованием материалов, обладающих различными физико-механическими свойствами. Технология создания мультимодальных покрытий методом лазерной наплавки может быть использована как для упрочнения новых деталей, так и для восстановления их изношенных поверхностей с получением хороших прочностных свойств [3, 4].

Исследования, проведенные авторами показали, что в поперечном сечении мультимодального покрытия хорошо различаются валики из бронзы ПГ-19М-01 и валики из сплава ПГ-12Н-01, рис. 1. При исследованиях микротвердости в поперечном сечении, в направлении параллельно основе было установлено, что в продольном направлении двухслойного мультимодального покрытия наблюдается периодичность изменения микротвердости. Средняя микротвердость покрытия периодически изменяется при этом от 3300-4750 МПа до 4400-5600 МПа (рис. 2). Такие периодические изменения микротвердости происходят вдоль всего поперечного сечения двухслойного мультимодального покрытия и связаны с наличием в покрытии валиков из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01.

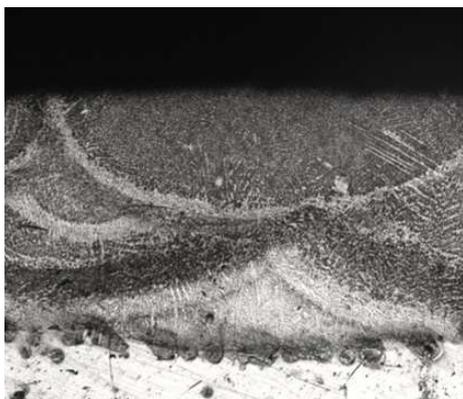


Рис. 1. Поперечное сечение двухслойного мультимодального полосчатого покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 $\times 50$

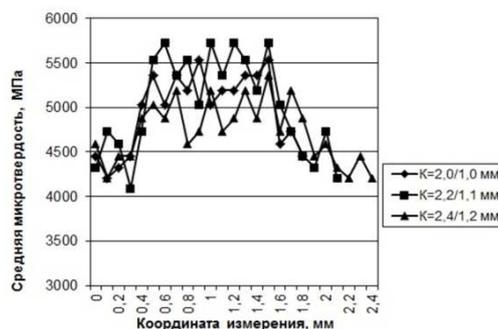


Рис. 2. Распределение микротвердости в двухслойном мультимодальном покрытии в направлении параллельно основе

На рис. 3 наблюдаемая периодичность изменения микротвердости в двухслойном полосчатом мультимодальном покрытии из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 для наглядности представле-

на в виде схемы. Как видно из рис. 3, это покрытие представляет собой матрицу из сплава ПГ-12Н-01 со средней микротвердостью 5000 МПа, в которую при помощи лазерной наплавки внедрены области из бронзы ПГ-19М-01 со средней микротвердостью 4000 МПа. После механической обработки поверхности в плане сверху такое покрытие будет состоять из чередующихся полос из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01.

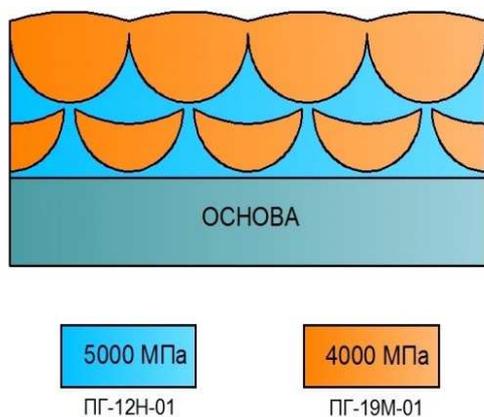


Рис. 3. Схема поперечного сечения двухслойного мультимодального покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01

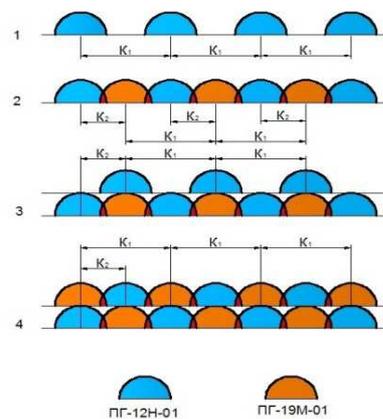


Рис. 4. Схема наплавки мультимодальных покрытий 1- первый этап; 2- второй этап; 3- третий этап; 4- четвертый этап

В данной работе изучалась износостойкость мультимодальных полосчатых покрытий, полученных методом лазерной наплавки чередованием валиков из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, при различных условиях испытаний. Покрытия наносились на технологическом комплексе на базе CO₂-лазера непрерывного действия типа «Комета» и координатного стола с системой числового программного управления на образцы из стали 45, предварительно подвергнутые дробеструйной обработке. Производилась наплавка двухслойных мультимодальных покрытий. Схема наплавки покрытия приведена на рис. 4.

Наплавка такого покрытия производилась в четыре этапа. На первом этапе на основу наносились параллельные валики из сплава ПГ-12Н-01, на втором этапе между ними наплавлялись валики из бронзы ПГ-19М-01. На третьем этапе на первый слой покрытия снова наносились параллельные валики из сплава ПГ-12Н-01, причем эти валики наносились со смещением относительно валиков первого слоя таким образом, чтобы валики сплава ПГ-12Н-01 располагались над валиками бронзы ПГ-19М-01 первого слоя. На четвертом этапе между валиками сплава ПГ-12Н-01 наплавлялись валики бронзы ПГ-19М-01.

Покрытия наносили на два вида образцов: для испытания в условиях сухого трения – размером 20×30×8 мм; для испытания в условиях граничной смазки – $\phi 50 \times \phi 15 \times 12$ мм. После наплавки поверхность покрытия подвергалась шлифованию до Ra 1,6 мкм.

Испытания на износ в условиях сухого трения проводились на установке МИПТ. Метод испытаний на данной установке основан на возвратно-поступательном движении контртела относительно образца по схеме «алмазный наконечник – плоскость» - для испытаний на износ и по схеме «шарик-плоскость» - для выполнения измерений по определению коэффициента трения скольжения. Коэффициентом трения считалось отношение силы трения к силе нормального давления.

Сила нормального давления (действующая перпендикулярно контактирующим поверхностям) обеспечивалась набором грузов эталонных масс. Величина силы трения дискретно регистрировалась с помощью тензометрических датчиков, коэффициент трения автоматически рассчитывался и индексировался в координатах Ктр. – путь трения. Схема установки представлена на рис. 5.

Контртело для испытаний на износ представляло собой цангу с закрепленным в ней алмазным наконечником типа Роквелл. Нормальная нагрузка для этого вида испытаний составляла 2 Н, скорость движения каретки – 5 мм/с, длина единичного прохода 15 мм, путь трения – 10 м. Показателем величины износа являлся объем изношенного материала. Для его определения при помощи профилографа-профилометра «Профи-130» измерялись глубина и ширина дорожки износа.

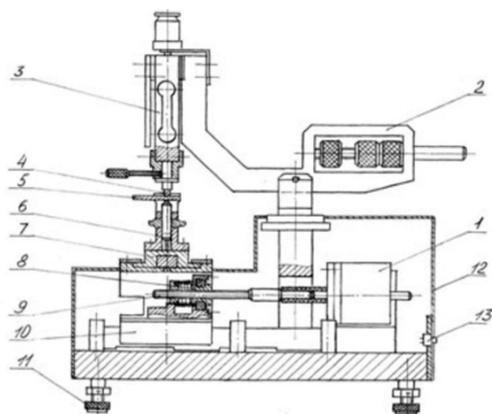


Рис. 5. Схема установки МИПТ :
1-двигатель шаговый; 2- коромысло; 3- датчик веса совмещенный с датчиком силы трения; 4- индентор; 5-образец; 6-механизм фиксации образца; 7- каретка поперечной подачи; 8-гайка; 9-винт ходовой; 10-каретка продольной подачи; 11-винт установочный; 12- корпус; 13- разъёмы электрические

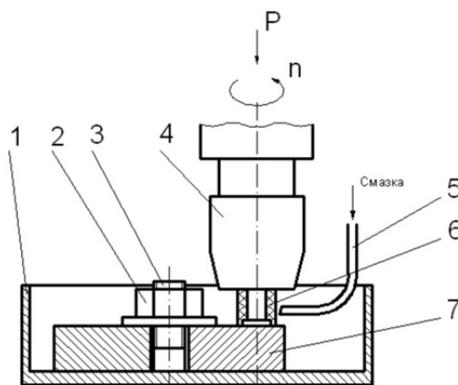


Рис. 6. Схема узла трения при испытаниях на износ в условиях граничной смазки:
1-ванна для сбора смазки; 2- шпилька для крепления образца; 3-крепежная гайка; 4-патрон сверлильного станка; 5-трубка каплеподдачи смазки; 6-контртело

Испытания на износ в условиях граничной смазки проводили на машине трения, изготовленной на базе сверлильного станка. Схема узла трения показана на рис. 6. В патроне станка закреплено контртело 6 из твердого сплава ВК-6, рабочая часть которого выполнена в виде трубки с толщиной стенки 1,5 мм. Образец 7 представлял собой диск с центральным отверстием. Крепление образца в ванне для сбора смазки 1 осуществлялось при помощи шпильки 3 и гайки 2. В зону трения при испытаниях капельным способом через трубку 5 подавалась смазка – масло индустриальное марки И-20А. Величина нагрузки на контртело при испытаниях изменялась при помощи комплекта грузов. Оценку износа производили при помощи профилографа-профилометра «Профи-130» по глубине канавки износа, замеренной по профилограмме. Для получения сопоставимых величин износа для разных материалов для каждого материала определялась удельная величина износа на 1000 м пути трения.

Результаты для сплава ПГ-12Н-01 и двухслойного мультимодального покрытия, полученные при испытаниях в условиях сухого трения, приведены на рис. 7, 9, а на рис. 8, 10. представлены зависимости коэффициента трения от скорости наплавки.

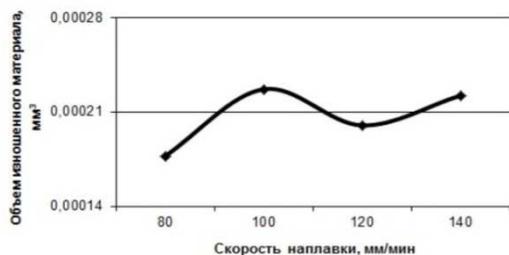


Рис. 7. Зависимость объема изношенного материала от скорости наплавки покрытия из сплава ПГ-12Н-01 в условиях сухого трения

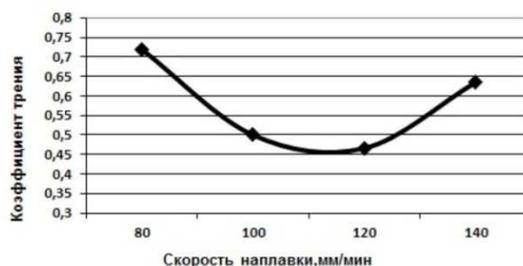


Рис. 8. Зависимость коэффициента трения от скорости наплавки покрытия из сплава ПГ-12Н-01 в условиях сухого трения



Рис. 9. Зависимость объема изношенного материала от скорости наплавки двухслойного мультимодального покрытия в условиях сухого трения

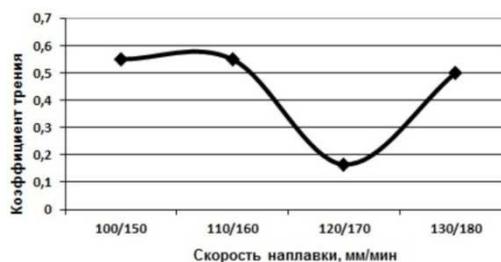


Рис. 10. Зависимость коэффициента трения от скорости наплавки двухслойного мультимодального покрытия при сухом трении

Из рис. 7 видно, что в диапазоне скоростей наплавки 80-100 мм/мин объем изношенного материала для сплава ПГ-12Н-01 увеличивается, т.е. износостойкость уменьшается. Это происходит несмотря на уменьшение в этом диапазоне скоростей наплавки коэффициента трения (рис. 8). При дальнейшем увеличении скорости наплавки до 120 мм/мин объем изношенного материала уменьшается, т.е. износостойкость увеличивается (рис. 7). Коэффициент трения в этом диапазоне скоростей наплавки уменьшается (рис. 8). При увеличении скорости наплавки со 120 до 140 мм/мин объем изношенного материала опять увеличивается (износостойкость уменьшается). Коэффициент трения для сплава ПГ-12Н-01 при этом тоже растет. Такие зависимости объясняются одновременным действием двух факторов – уменьшением размеров зерен и уменьшением сцепления материала покрытия по границам зерен при увеличении скорости наплавки. Совместное действие этих факторов и преобладание действия одного из них при различных скоростях наплавки и обуславливают вид зависимостей, приведенных на рис. 7 и 8.

Зависимости объема изношенного материала и коэффициента трения от скорости наплавки для двухслойного композиционного покрытия (рис. 9 и 10) очень похожи на такие же зависимости для сплава ПГ-12Н-01. Скорее всего, и действующие закономерности те же, за исключением более резкого уменьшения объема изношенного материала в диапазоне скоростей наплавки сплава/бронзы 110/160-120/170 мм/мин, которое объясняется тем, что бронзовая составляющая композиционного покрытия способствует протеканию процесса избирательного переноса и является твердой смазкой при трении [5].

Относительная износостойкость испытывавшихся при сухом трении материалов приведена на рис. 11, из которого видно, что относительная износостойкость двухслойного композиционного покрытия выше, хотя и незначительно, износостойкости самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-01, в то время как себестоимость композиционного покрытия значительно ниже.



Рис. 11. Относительная износостойкость испытывавшихся материалов при сухом трении

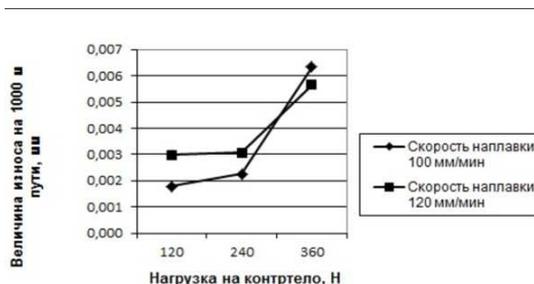


Рис. 12. Зависимость величины износа на 1000 м пути от нагрузки на контртело для покрытия из сплава ПГ-12Н-01 при граничной смазке

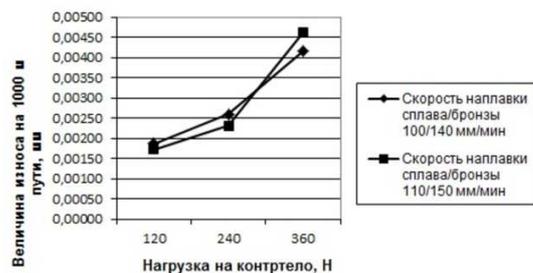


Рис. 13. Зависимость величины износа на 1000 м пути от нагрузки на контртело для двухслойного мультимодального покрытия при граничной смазке

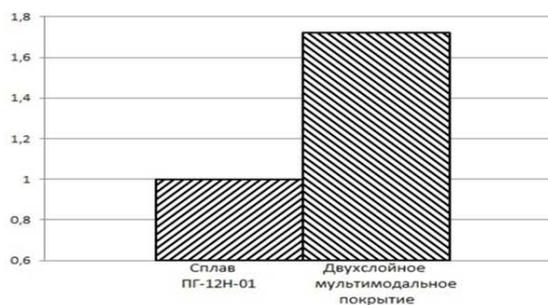


Рис. 14. Относительная износостойкость испытывавшихся материалов при граничном трении

На рис. 12-13 представлены зависимости величины износа на 1000 м пути от нагрузки на контртело для покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и двухслойного мультимодального покрытия при трении в условиях граничной смазки. Из рис. 12 видно, что для покрытия из сплава ПГ-12Н-01 при увеличении нагрузки на контртело со 120 Н до 240 Н происходит незначительное увеличение величины износа, при дальнейшем увеличении нагрузки до 360 Н величина износа резко увеличивается в 1,8-2,8 раза. Т.е. в данном случае величина нагрузки при трении до момента наступления схватывания (120-240 Н) влияет на интенсивность процессов определяющих износ в небольшой степени, т.к. это явление связано в основном с изменением величины и интенсивности пластической деформации поверхностных слоев покрытия. И только после достижения критических значений нагрузки (240-360 Н) она начинает оказывать резкое влияние на величину износа, что связано с переходом к износу схватыванием [6].

На рис. 13 приведены зависимости величины износа на 1000 м пути от нагрузки на контртело для двухслойного мультимодального покрытия. Из них видно, что при увеличении нагрузки на контртело со 120 до 240 Н величина износа возрастает в 1,34-1,39 раза. В этом случае, также как для покрытия из сплава ПГ-12Н-01 происходит износ без схватывания. При увеличении нагрузки на контртело до 360 Н величина износа на 1000 м пути резко возрастает в 1,6-2,0 раза. В этом случае можно говорить о том, что происходит переход к износу схватыванием.

На рис. 14 представлена относительная износостойкость покрытий из сплава ПГ-12Н-01 и двухслойного мультимодального покрытия при трении в условиях граничной смазки. Из этого рисунка видно, что в условиях граничной смазки более высокой износостойкостью обладает двухслойное мультимодальное покрытие. Его износостойкость превышает износостойкость самофлюсующегося сплава на основе никеля ПГ-12Н-01.

Таким образом, установлено следующее:

- в мультимодальном полосчатом покрытии, полученном чередованием валиков самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, наблюдается периодичность изменения микротвердости в поперечном сечении покрытия в направлении параллельно основе и по поверхности покрытия;
- испытания на износостойкость покрытия из самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-01 и мультимодального полосчатого покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 в условиях сухого трения показали, что зависимости объема изношенного материала от скорости наплавки для сплава ПГ-12Н-01 и двухслойного композиционного покрытия весьма похожи, на них имеются области увеличения и области уменьшения объема изношенного материала, связанные с действием двух факторов, изменением размера зерен и изменением силы сцепления материала покрытия по границам зерен, зависящих от количества удельной энергии, поглощаемой покрытием. При этом для мультимодального покрытия накладывается влияние еще одного фактора – наличия бронзовой составляющей, которая способствует протеканию процесса избирательного переноса и играет роль твердой смазки. Также похожи и зависимости коэффициента трения от скорости наплавки, скорее всего на изменение коэффициента трения влияют те же факторы, что и на объем изношенного материала. Следует отметить, что области наименьших коэффициентов трения и наименьшего объемного износа на зависимостях совпадают. Относительная износостойкость двухслойного мультимодального покрытия при сухом трении незначительно превышает износостойкость сплава ПГ-12Н-01.

- испытания на износостойкость тех же покрытий в условиях граничной смазки показали, что при изменении нагрузки на контртело от 120 до 240 Н происходит незначительный рост величины износа, однако при дальнейшем увеличении нагрузки на контртело до 360 Н, износ достаточно резко возрастает, причем для самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-01 этот рост гораздо более выражен. Тем не менее, для обоих материалов на этом участке происходит переход к износу схватыванием. Также установлено, что при нагрузке на контртело от 120 до 240 Н для сплава ПГ-12Н-01 большую величину износа показывают покрытия, нанесенные при большей скорости наплавки, имеющие меньшее сцепление материала по границам зерен. Однако, при нагрузке на контртело 360 Н большую величину износа уже имеет покрытие, нанесенное при меньшей скорости наплавки, которое имеет более крупнозернистую микроструктуру. Для двухслойного мультимодального покрытия из-за действия механизма избирательного переноса все происходит с точностью до наоборот. Относительная износостойкость двухслойного композиционного покрытия в 1,7 раза выше износостойкости самофлюсующегося сплава, что особенно важно, если учесть, что себестоимость двухслойного композиционного покрытия практически в 2 раза ниже себестоимости сплава ПГ-12Н-01, который в свое время был разработан, как высокоизносостойкий материал.

Список литературы:

1. Ratajski, J. Mechanical properties of antiwear Cr/CrN multimodule coatings/ J. Ratajski , A. Gilewicz, P. Bartosik, L.
2. Szparaga// Archives of Materials Science and Engineering. – 2015. – V. 75. - I. 2. – P. 35-45.
3. Gilewicz, A. The properties of multi-module and gradient coatings base on CrN/CrCN deposited on nitride 4140 steel/ A.Gilewicz, R. Olik, L. Szpraga, J. Ratajski// Problemy Eksploatacji – Maintenance Problems. – 2014. – I. 3. – P. 27-43.
4. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок/ Под ред. В.Я. Панченко. – М.: Физматлит, 2009. – 664 с.
5. Шишковский, И.В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий / И.В. Шишковский. – М.: Физматлит, 2009. – 424 с.
6. Берсенев, В.М. Влияние многокомпонентных и многослойных покрытий на процессы трения и износа/В.М. Берсенев// Физическая инженерия поверхностей. - 2004. - Т. 2. - № 4. - С. 214-219.
7. Аксенов, А.Ф. Трение и изнашивание металлов в углеводородных жидкостях/А.Ф. Аксенов. - М.: Машиностроение, 1977. - 152 с.

ИНФРАКРАСНАЯ СЕНСОРНАЯ ПАНЕЛЬ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ю.Н. Чуднов, инженер по качеству

*Акционерное общество Научно-производственное предприятие
«Авиационная и Морская Электроника»*

Аннотация: В статье кратко рассмотрены некоторые, существующие на сегодняшний день, сенсорные технологии. Приведены преимущества оптической, на базе массивов оптических пар инфракрасного света, над другими сенсорными технологиями. Описана инфракрасная сенсорная панель для специальных условий эксплуатации. Рассмотрена проблема ложных срабатываний фотоприемников и способ борьбы с ней. Приведен алгоритм работы сенсорной панели с последовательным включением светодиодов.

Abstract: The article briefly discusses some sensor technology, includes infrared touch panel for special operating conditions. Considered the problem of false positives of photodetectors and the method of dealing with it. Given the advantages of optical arrays based on optical infrared light pairs, on other touch technologies. Given the algorithm of operation of the touch panel to sequentially turn on the LEDs.

Ключевые слова: инфракрасная сенсорная панель, специальные условия эксплуатации, элемент индикации, управление, оптические технологии.

Keyword: infrared touch panel, special operating conditions, display element, control, optical technology.

На сегодняшний день сенсорные технологии получили большое распространение в приборостроении. Все современные гаджеты, такие как смартфоны, планшетные компьютеры и многие другие устройства принимают команды через сенсорный орган управления. Существует множество различных сенсорных технологий, каждая из которых обладает своими положительными и отрицательными сторонами. Например, сенсорные панели с резистивной технологией, из-за наличия тонкой мембраны, могут получить механические повреждения при эксплуатации или случайного воздействия на нее. Сенсорные панели с емкостной технологией (электростатической технологией) не чувствительна к диэлектрическим материалам, что не позволит работать с ней в перчатках. Кроме этого, приведенные технологии оказывают влияние на передачу изображения с экрана индикатора из-за своих показателей светопропускания. Сенсорные панели с проекционно-емкостной технологией долговечны и обладают хорошим светопропусканием, но их производство слишком дорого стоит. Также существуют акустические, оптические и другие сенсорные технологии, обладающие своими конструктивными особенностями и техническими характеристиками.

Постепенно сенсорные технологии находят свое применение в радиоэлектронном оборудовании различных отраслей промышленности (автомобильной, авиационной, судостроительной и т.п.), что подразумевает под собой наличие различных условий эксплуатации аппаратуры, в том числе и специальных (т.е. обладающие особыми требованиями к надежности, геометрическим параметрам, энергопотреблению и т.п.). После проведенного сравнительного анализа автором вышеперечисленных сенсорных технологий, наиболее оптимальной была признана оптическая технология на базе массивов оптических пар инфракрасного (ИК) света [1], по ряду своих преимуществ:

- ИК свет не виден для человеческого глаза, что не повлияет на отображаемое изображение на экране индикатора;
- ИК сенсорная панель может исполняться в виде отдельного модуля, что позволит упростить обслуживание, восстановление или замену этого органа управления;
- на рынке, достаточно большое количество оптических элементов с различными характеристиками;
- ИК сенсорная панель позволяет оснащать экран индикатора дополнительной защитой;
- и др.

Таким образом, наилучшим органом управления для отображающего информацию устройства, предназначенного для эксплуатации в специальных условиях, будет ИК сенсорная панель, приведенная на рисунке 1. Сенсорная панель состоит из: горизонтального и вертикального ряда светодиодов 1; горизонтального и вертикального ряда фотодиодов 2; рамы 3, на которую монтируются оптические элементы, где, с помощью ИК излучения создаются точки координат 4 над областью экрана индикатора 5 и служат чувствительным органом для управления элементом индикации (условным символом) 6.

Работа ИК сенсорной панели заключается в следующем: при воздействии на условный символ (иконку, панель, область и т.п.), расположенный на экране индикатора, происходит затемнение фотоприемников, тем самым изменяя проходящий через них электрический ток в вычислительный узел (ВУ) индикатора, который должен определить координаты касания и сопоставить их с имеющимися элементами индикации. Для более наглядного пояснения затемнения фотоприемников приведен рисунок 2.

На рисунке показано, что в один и тот же момент времени срабатывают светодиод вертикального и горизонтального ряда 1. Для наглядности эти диоды обозначены логическими 1. В связи с этим образуются зоны ИК излучения 3, покрывающие фотодиоды вертикального и горизонтального ряда 2. В этот момент времени на экран индикатора 4 происходит воздействие в точки 5. В связи с этим, возникает препятствие на пути светового потока, что приводит к образованию тени 6 покрывающей фотоприемники сенсорной панели. В этом случае, из-за расфокусированного светового потока срабатывает не только фотодиод оптической пары излучателя, но и все попадающие в область тени фотоприемники, приводя к их ложным срабатываниям. Кроме этого, при одновременном срабатывании светодиодов обоих рядов, один из них может осветить фотоприемники другого ряда, что не позволит ВУ почувствовать воздействие на экран.

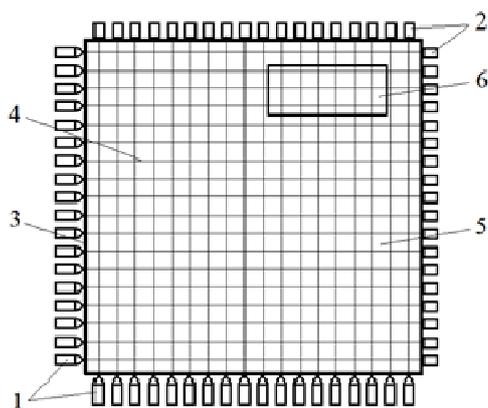


Рис. 1. ИК сенсорная панель

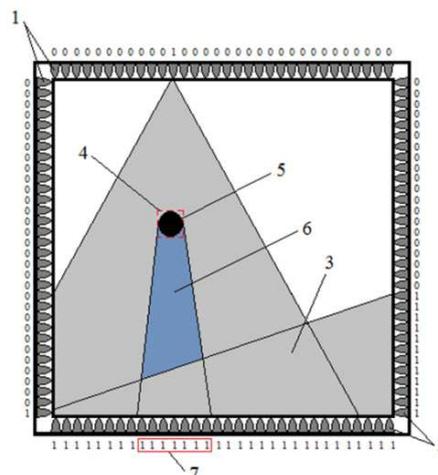


Рис. 2. Затемнение фотоприемников

Для борьбы с ложными срабатываниями предлагается использовать программный способ распознавания истинных сигналов [2, 3]. При данном способе программа распознает истинный сигнал от фотодиода парного активированному светодиоду, а все остальные сигналы воспринимаются как ложные и отклоняются программой. Активация излучателей должна происходить последовательно в импульсном режиме. Кроме этого, необходимо, чтобы последовательность включения светодиодов чередовалась между рядами, как показано на рисунке 3, для избегания ранее описанной ситуации с освещением излучателем ИК приемников другого ряда.

Также, хотелось бы отметить, что при импульсном режиме работы сенсорной панели снизится ее уровень энергопотребления. Это связано с тем, что активация ИК светодиодов, находящихся в ряду, будет происходить не одновременно, а последовательно. Т.е. когда один излучатель отправляет кратковременный световой сигнал в сторону расположенных напротив фотодиодов, все остальные светодиоды в этом ряду будут находиться в состоянии покоя. Благодаря этому, за одинаковый интервал времени затраты электроэнергии при работе в импульсном режиме будут гораздо меньше, чем при работе сенсорной панели в непрерывном режиме [4].

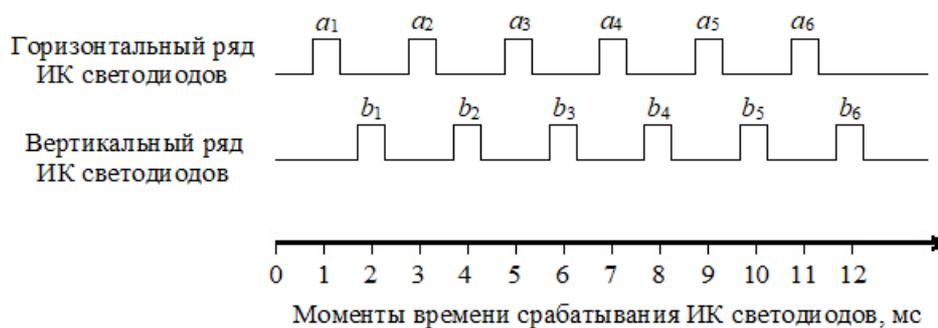


Рис. 3. Временная диаграмм моментов времени срабатывания ИК светодиодов в шахматном порядке

На рисунке 4 приведен алгоритм работы сенсорной панели с последовательным включением светодиодов.

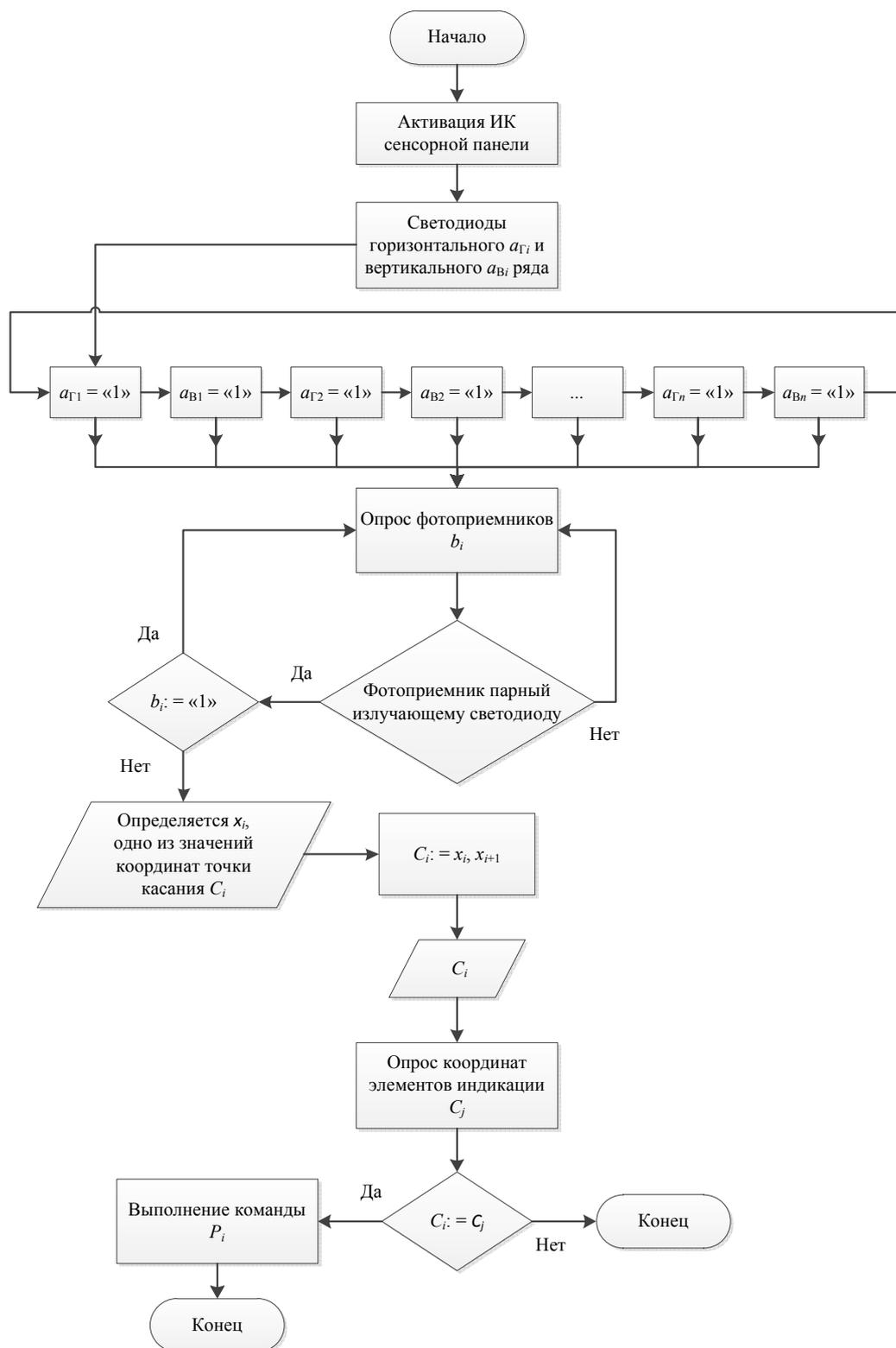


Рис. 4. Алгоритм работы ИК сенсорной панели

1. После активации сенсорной панели начинается цикл последовательного включения ИК светодиодов горизонтального и вертикального ряда, аГi и аВи соответственно. Светодиоды горизонтального и вертикального ряда включаются поочередно;
2. Далее по схеме происходит опрос фотоприемников bi. Если фотодиод не парный светодиоду, то он игнорируется. Если фотодиод парный светодиоду, то он проверяется на срабатывание;
3. Наличие сигнала от парного излучателю фотоприемника воспринимается программой, как отсутствие воздействия на индикационное пространство отображающего информацию устройства. Отсутствие сигнала от парного излучателю фотоприемника, воспринимается программой как наличие воздействия на индикационное пространство отображающего информацию устройства. Следовательно, определяется первое значение xi координат точки воздействия на дисплей Ci; вторым значением xi+1 координат точки воздействия на экран индикатора станет следом идущий фотоприемник противоположного ряда;
4. Далее, имея координаты места воздействия, они сравниваются с базой координат элементов индикации Cj. Если координаты точки воздействия не совпадают с координатами элемента индикации, то это считается как «свободное поле». Если координаты точки воздействия совпадают с координатами элемента индикации, то это считается как воздействие на этот элемент (его активация);
5. После активации элемента индикации выполняется привязанная к нему команда.

Выводы:

Исходя из сопоставления положительных и отрицательных качеств, различных сенсорных технологий, наиболее оптимальной для эксплуатации в специальных условиях была признана оптическая сенсорная технология, на базе массивов оптических пар инфракрасного света. Проблема ложных срабатываний ИК фотоприемников может быть решена программным способом. Работа ИК сенсорной панели в импульсном режиме позволит снизить энергопотребление устройства.

Список литературы:

1. Чуднов Ю.Н. Перспективное оптическое устройство для управления индикацией [Текст] / Ю.Н. Чуднов, Н.Н. Чуднова, И.Э. Шультайс, А.Х. Назаров // Высокие технологии в современной науке и технике: труды V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Томск: ТПУ, 2016. – С. 252–253.
2. Чуднов Ю.Н. Применение опто-электронных технологий для управления бортовым средством индикации [Текст] / Ю.Н. Чуднов [и др.] // Автоматизированные технологии и производства – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2017. – № 1(15). – С. 65–70.
3. Чуднов Ю.Н. Инфракрасная сенсорная панель для управления индикацией на борту летательного аппарата [Текст] // Ю.Н. Чуднов, Н.Н. Чуднова, И.Э. Шультайс // Гражданская авиация: XXI век: труды IX международной молодежной научной конференции – Ульяновск: УИ ГА, 2017. – С. 49–51.
4. Чуднов Ю.Н. Повышение энергоэффективности органа управления индикацией на базе опто-электронных технологий [Текст] / Ю.Н. Чуднов, А.В. Гурьянов, А.В. Шукалов, Н.Н. Чуднова // Современные технологии и материалы новых поколений: труды Международной конференции с элементами научной школы для молодежи – Томск: ТПУ, 2017. – С. 124–125.

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ШУМА ПРИ ПОМОЩИ ПАКЕТА LABVIEW

К.В. Епифанцев к.т.н., В.Е. Арбузов студ, Д.В. Баронова студ, А.Л. Борзенко

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, г. Санкт-Петербург ул. Большая Морская 67, тел

E-mail: epifancew@gmail.com

Аннотация: В настоящее время генераторы шума предназначены для защиты от утечки информации с работающих радиоэлектронных устройств: компьютеров, мобильных телефонов и т.д. их еще часто называют “глушилками” из-за способности подавить любой информационный сигнал, который попадает в сферу их действия. В специализированной аудитории ГУАП создается виртуальный инструмент при помощи пакета LabVIEW – генератор шума с нормальным и равномерным распределением значений сигнала на выходе. Мы решили исследовать данный генератор, потому что данная технология актуальна и с каждым годом проблема сохранения особого режима секретности на предприятиях усложняется.

Abstract: Currently, noise generators are designed to protect against information leakage from working electronic devices: computers, mobile phones, etc. They are often called “jammers” because of their ability to suppress any information signal that falls within the scope of their action. In a specialized audience of the SUAI, a virtual instrument is created using the LabVIEW package — a noise generator with a normal and uniform distribution of the output signal values. We decided to investigate this generator, because this technology is relevant and every year the problem of maintaining a special regime of secrecy in enterprises becomes more complicated.

Ключевые слова: шум, генератор, LabVIEW, информация, сигнал, секретность, связь

Key words: noise, generator, LabVIEW, information, signal, privacy, communication

Применение генератора шума целесообразно в лабораториях, где должен сохраняться особый режим секретности. Если в какой-либо организации существует запрет на использование мобильной связи, то генератор шума в состоянии перекрыть любой сигнал и не допустить проведение переговоров.



Рис 1. Пример генератора шума

Создание виртуального инструмента (ВИ) при помощи пакета LabVIEW и встроить в ВИ возможность вычисления статистических характеристик сигнала.

Рассмотрим алгоритм создания лицевой панели.

1. Создаем новый ВИ – команда New VI в начальном диалоге.
2. Для определения числа отсчетов выходного сигнала размещаем цифровой орган управления Digital Control из вкладки Numeric меню Controls. Задаем подходящую надпись для созданного органа управления, например, «Число отсчетов».
3. Размещаем цифровой орган управления Digital Control для определения числа интервалов при нахождении моды случайного процесса. Задаем подходящую надпись для созданного органа управления, например, «Интервалы».
4. Размещаем орган управления Knob из меню Controls/Numeric для регулировки интенсивности случайного процесса с равномерным распределением. Задаем для него надпись, например, «Интенсивность».
5. Для установки среднеквадратичного отклонения случайного процесса с нормальным распределением размещаем один из ползунковых органов управления из вкладки Numeric меню Controls. Задаем для него диапазон значений [0...1]. Надпись к созданному органу управления может быть такая: «СКО».
6. Размещаем четыре цифровых индикатора Digital Indicator из вкладки Numeric меню Controls, которые будут отображать следующие статистические характеристики сгенерированного сигнала:
 - математическое ожидание (mean),
 - среднеквадратичное отклонение (standard deviation),
 - дисперсия (variance),
 - мода (mode).
7. Определяем подходящие надписи для индикаторов, пользуемся для этого инструментом Edit Text.
8. Размещаем графический индикатор Waveform Graph, в котором будет отображаться форма выходного сигнала. Настраиваем тип и цвет линии (контекстное меню в правом верхнем углу индикатора). Определяем подходящую надпись к индикатору, например, «Сигнал». Отменяем свойство автоматического масштабирования по вертикальной оси, для чего снимаем выделение с пункта контекстного меню Y scale/AutoScale Y.

9. Размещаем на лицевой панели прибора, справа от индикатора сигнала, графический индикатор XY Graph из вкладки Graph меню Controls для отображения гистограммы случайного процесса. Наводим мышь на окно текущего графика, представляющее собой прямоугольник с условным обозначением графика, расположенный в правом верхнем углу индикатора XY Graph. Вызываем контекстное меню текущего графика с помощью правой кнопки мыши и в подменю Bar Plots (гистограмма) выбираем одну из горизонтально ориентированных гистограмм. Отмечаем свойство автоматического масштабирования по вертикальной оси, для чего снимаем выделение с пункта контекстного меню Y scale/AutoScale Y.
10. Размещаем переключатель вида распределения случайного процесса. Для этой цели подойдет орган управления Dial из вкладки Numeric меню Controls. Удаляем надпись Dial. После того, как мы размещаем новый орган управления, с помощью подменю Representation контекстного меню объекта определяем тип данных:
 - Unsigned Long – U32 (целое без знака 4 байта);
11. Используем инструмент Edit Text и определяем диапазон значений, соответствующий количеству распределений в генераторе: [0...2]. Используем вкладку контекстного меню органа управления Scale/Style и определяем его разметку таким образом, чтобы были видны маркеры целых значений без указания конкретных числовых значений. Используем инструмент Edit Text и задаем текстовые надписи рядом с маркерами. Надписи могут быть такими: «Нормальное распределение»/«Равномерное распределение»/«...» (последняя надпись определяется в соответствии с вариантом задания).
12. Размещаем один из логических выключателей из вкладки Boolean меню Controls для программирования возможности отключения прибора. Задаем надписи «Вкл» и «Выкл» к обоим положениям выключателя.
13. Размещаем на лицевой панели подходящие декоративные элементы, а также элементы с указанием варианта, фамилии разработчика и группы.
14. Переходим в окно диаграммы командой Window/Show Diagram.

Далее создаем диаграмму

 1. После переключения в окно диаграммы на ней уже должны находиться пять цифровых органов управления, четыре цифровых индикатора, логические переключатели с индикатором и два графических индикатора.
 2. Размещаем на диаграмме структуру для цикла While Loop из вкладки Structures меню Functions. Вносим все имеющиеся элементы диаграммы внутрь цикла. К входу условия прекращения цикла подключаем логический переключатель «Вкл/Выкл». В дальнейшем вновь размещаемые элементы диаграммы заносим внутрь структуры.
 3. Для создания возможности переключения вида распределения для выходного сигнала размещаем на диаграмме структуру Case Structure из вкладки Structures меню Functions.
 4. К селектору структуры Case Structure подсоединяем цифровой переключатель вида распределения случайного процесса. При этом все имеющиеся на диаграмме объекты должны оказаться вне поля структуры Case Structure.
 5. В первом кадре структуры Case Structure размещаем функцию Gaussian White Noise.vi, во втором – Uniform White Noise.vi. Все эти функции находятся во вкладке Signal Processing/Signal Generation меню Functions. После этого соединяем выходы функций с входом графического индикатора. Входы samples обеих функций генерации подсоедините к органу управления «Число отсчетов».
 6. Вносим орган управления «Интенсивность» внутрь кадра структуры Case Structure для равномерного распределения и подключаем его к входу amplitude функции генерации.
 7. Орган управления «Среднеквадратичное отклонение» вносим внутрь кадра генерации процесса с нормальным распределением и подключаем его к входу standard deviation функции генерации.
 8. Из вкладки Mathematics/Probability and Statistics меню Functions, размещаем на диаграмме функции для вычисления статистических характеристик выходного сигнала и следующие функции:
 - Mode.vi – мода;
 - Variance.vi – дисперсия;

- Mean.vi – математическое ожидание;
1. Входы X всех размещенных функций подключаем к выходу функций генерации.
 2. К входу intervals функции Mode.vi присоединяем орган управления «Интервалы». Значение на этом входе должно быть больше 0. По умолчанию на этом входе устанавливается 1.
 3. Выходы аналитических функций подключаем к соответствующим индикаторам.
 4. Для нахождения гистограммы случайного процесса размещаем на диаграмме функцию Histogram.vi из вкладки Mathematics/Probability and Statistic меню Functions. К входу X этой функции подключаем массив, отображающий случайный процесс. Вход intervals соединяем с органом управления «Интервалы».
 5. Гистограмма будет отображаться на графическом индикаторе XY Graph, на входе которого ожидаются два массива со значениями по осям x и y. Для того чтобы подать два массива на этот объект, их нужно объединить в кластер – специальный тип данных LabVIEW. Для формирования кластера воспользуемся функцией Bundle из вкладки Cluster меню Functions. После размещения этой функции на диаграмме она имеет два входа и один выход. К верхнему входу подключаем выход Histogram: h(x) функции Histogram.vi. Выход X values той же функции подключаем к нижнему входу функции Bundle. Кластер, получившийся на выходе Bundle, подключаем к графическому индикатору «Гистограмма».
 6. Запускаем ВИ на выполнение командой Run.

Результаты измерений

В качестве результата работы будут представлены скриншоты лицевой панели и диаграммы созданного генератора шума, его итогового вида и работоспособности.

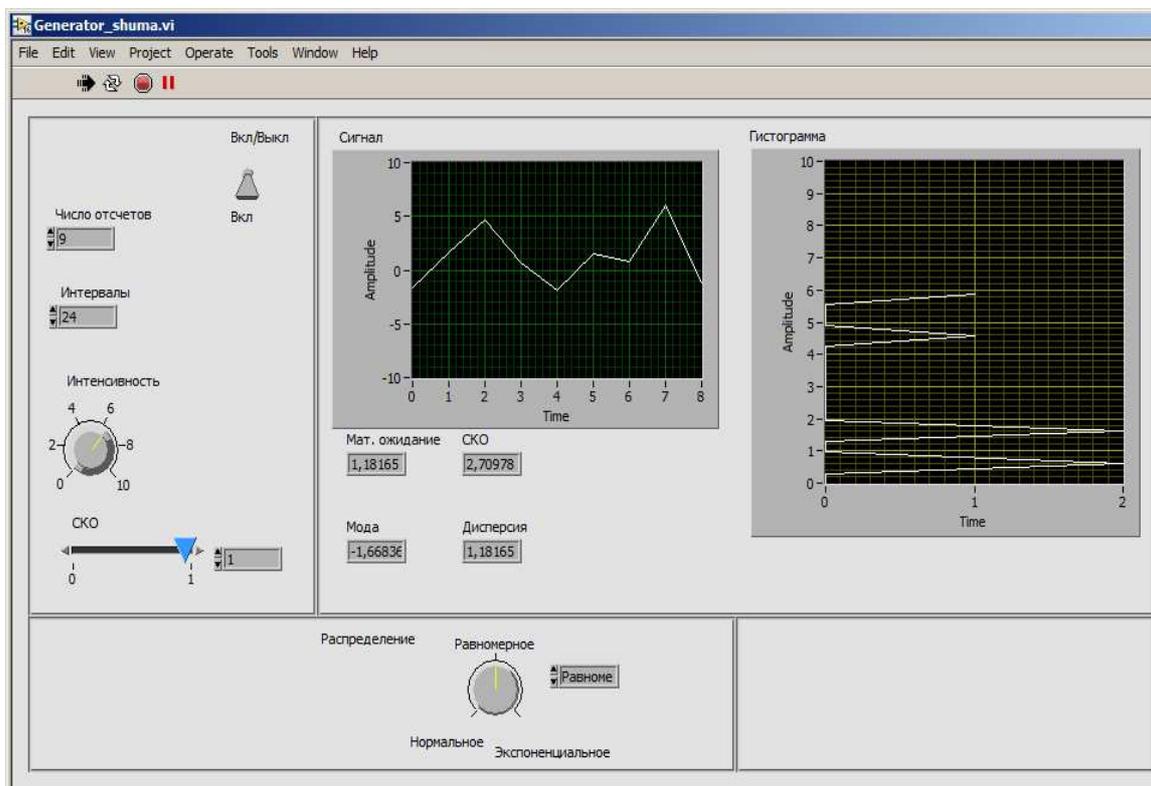


Рис. 2. Скриншот лицевой панели разработанного генератора шума

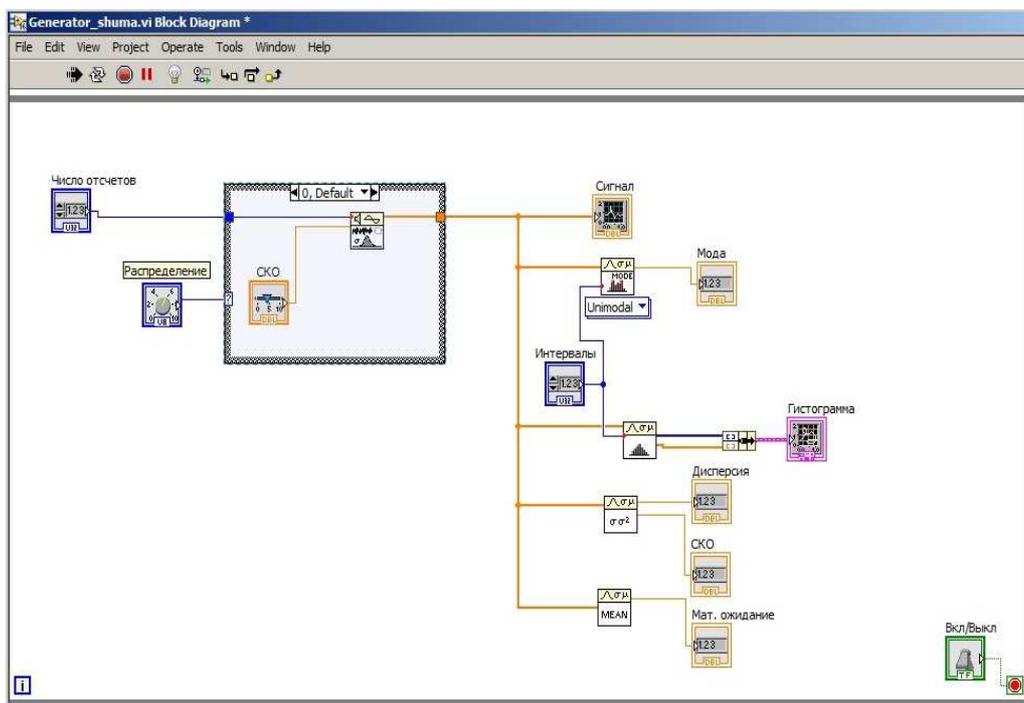


Рис. 3. Скриншот блок диаграммы разработанного генератора шума

Виртуальный генератор шума созданный с помощью пакета LabVIEW предназначен для моделирования систем радиосвязи при производстве систем защиты связи.

Список литературы:

1. Блюм П. LabVIEW: стиль программирования, ДМК-Пресс, 2010.
2. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW, ДМК Пресс, 2013.
3. Лупов С.Ю., С.И. Муякшин, В.В. Шарков, LabVIEW в примерах и задачах, Нижний Новгород 2007.

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЯ ПРИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ

С.А. Прокопенко¹, д.т.н., проф., В.В. Семенцов², к.т.н., заведующий лабораторией

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56; E-mail: sibgp@mail.ru

²АО «НЦ ВостНИИ»; 650003, Кемерово, ул.Институтская, 3,
тел (3842) 65-73-45; E-mail: v.sementsov@nc-vostnii.ru

Аннотация: В статье на примере российской угольной шахты описана технология камерно-столбовой отработки (КСО) пласта, включающая добычу угля из проводимых выработок и последующую отработку целиков. Показан высокий уровень потерь полезного ископаемого при используемой технологии угледобычи. Предложена конструкция пневматического держателя кровли, отличающаяся простотой изготовления, безопасностью и низкой стоимостью в сравнении с импортными аналогами. Предлагаемое решение позволяет шахтам отрабатывать запасы угля с уровнем извлечения более 90 % и низкими издержками.

Abstract: In the article on the example of the Russian coal mine describes the technology of chamber-pillar mining (CSR) layer, including coal mining from the workings and the subsequent development of Tselikov. The high level of losses of mineral at the used technology of coal mining is shown. The design of the pneumatic roof holder, characterized by ease of manufacture, safety and low cost in comparison with imported analogues. The proposed solution allows mines to develop coal reserves with a recovery rate of more than 90% and low costs.

Ключевые слова: шахта, пласт, потери угля, камерно-столбовая отработка, целик, извлечение, конструкция, держатель кровли, пневмобаллон.

Keyword: mine, layer, loss, chamber-pillar mining, pillar, extraction, design, holder of the roof, the balloon.

Применяемая технология камерно-столбовой отработки пласта

Шахта угольной компании «Межегейуголь» обрабатывает пласт 2 (Улуг) коксующегося угля марки Ж с запасами 213 млн. т в 40 км от города Кызыл Республики Тыва. В пределах шахтного поля пласт характеризуется в основном простым строением, его вынимаемая мощность составляет 3,4 м. Угол падения пласта изменяется в пределах 4-8°. Максимальная глубина залегания пласта от земной поверхности достигает 320 м. Предел прочности угля на одноосное сжатие составляет 7,6-8,9 МПа. Кровля пласта 2 представлена крепкими песчаниками, иногда алевролитами. Предел прочности песчаников изменяется от 45,3 до 206,6 МПа при среднем значении 102,5 МПа. В почве залегают в основном алевролиты и углистые аргиллиты, реже песчаники.

Исходя из горно-геологических, горно-технических и экономических условий в шахте принята камерно-столбовая отработка (КСО) пласта со средней нагрузкой на очистной забой 40-55 тыс. т в месяц. Темпы проходки выработок при КСО согласно проекта составляют 550-580 м в месяц [1].

Для разработки пласта предварительно осуществляется подготовка выемочных столбов (участков), последовательно нарезаемых по падению пласта. Вскрытие пласта на участке КСО-1 осуществлено тремя наклонными стволами: вентиляционным, конвейерным и транспортным. Подготовка выемочного столба первого участка выполнена транспортным, конвейерным и вентиляционным штреками, имеющими ширину 6 м и высоту 3,4 м. Размеры столба по простиранию пласта составляют 1100 м, а по падению 230 м. Добычу угля ведут из промежуточных печей шириной 7 м и высотой 3,4 м, нарезаемых по направлению от конвейерного к транспортному штреку по восстанию пласта. Всего в блоке предусмотрена проходка 27 печей длиной 200 м через 30 м. Выемку угля осуществляют проходческими комбайнами типа «Continuous miner» фирмы «Caterpillar» в количестве 3 штук. На перевозке угля к бункерам-перегрузателям применяют шесть самоходных вагонов фирмы «Phillips». Крепление кровли ведут с использованием трех анкероустановочных машин «Fletcher».

По завершении проходки печей на всю длину выемочного столба параллельно штрекам в очередности снизу-вверх через каждые 12 м, начиная от конвейерного штрека, проводят выемочные камеры. Общее количество выемочных камер в первом столбе составляет 13 штук. Такое проведение выработок приводит к фрагментации единого выемочного столба пласта на отдельные целикостолбы длиной 30 м и шириной 12 м. Этим завершается первый этап отработки выемочного столба – этап добычи угля из проходческих выработок.

На втором этапе приступают к отработке целиков-столбов, образовавшихся между печами и камерами. Целики обрабатывают в отступающем порядке с фланга столба к вскрывающим стволам. Добычу угля из целика ведут заходками, нарезаая их последовательно сначала с одной стороны массива, а затем с другой. Ширина заходок составляет 6 м. С целью поддержания кровли между заходками оставляют целики шириной 2 м. Дистанционное управление комбайном позволяет машинисту находиться вне опасной зоны в закрепленном пространстве камеры. Такая схема отработки целика позволяет извлечь до 60-70 % его запасов. Остаточные – подзавальные - целики представляют собой двукрылые массивы с длиной крыла 8,5 м и шириной 2 м.

В целом применяемая в шахте технология КСО характеризуется коэффициентом извлечения угля на уровне 60-70 %, при этом значительная часть угля теряется безвозвратно в подзавальных целиках. Отработанные участки пласта последовательно изолируют от рабочего пространства взрывостойчивыми перемычками. С целью снижения вероятности самовозгорания остатков угля в выработанное пространство приходится подавать азот, ингибирующий процесс самонагревания массива. Извлечение угля из целиков ведет к накоплению напряжений в них и впоследствии к неконтролируемому обрушению налегающей породной толщи. Устранение описанных недостатков требует разработки технико-технологических решений, повышающих эффективность угледобычи.

Зарубежные мобильные держатели кровли

Повышение эффективности камерно-столбовой отработки угольных пластов осуществляется по различным направлениям: совершенствование горно-транспортного оборудования [2,3], развитие технологии и организации отбойки угля при проведении выработок [4,5], применение надежного крепления кровли камер [6,7]. Важнейшим направлением совершенствования подземной угледобычи, и в частности КСО, является повышение ресурсоэффективности при освоении отведенных участков недр [8-10]. Изучение литературных источников позволило выявить в качестве перспективного

решения для повышения степени извлечения угля при КСО предлагаемую американской компанией «J.H.Fletcher & Co. Huntington, WV» и рядом других компаний технологию отработки целиков угля в шахтах [11-13]. Основу предлагаемой технологии составляет разработанная, испытанная и применяемая в ряде стран машина, называемая «Mobile Roof Support» (MRS), что можно перевести как «мобильный держатель кровли» или «мобильная крепь». Конструктивно машина представляет собой гусеничную тележку с гидростойками, поднимающими металлический козырек для удержания кровли выработки (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид самоходной крепи «Mobile Roof Support»

Выпускаемые фирмой крепи имеют диапазон раздвижки 1,6-5,0 м. Их удерживающая способность изменяется в зависимости от конструкции от 545 т до 727 т. Для условий шахты УК «Межегейуголь» наиболее приемлема крепь с диапазоном раздвижки 1,6-3,86 м. Удерживающая способность ее составляет порядка 600 т.

Технология отработки целиков с удержанием кровли

Использование самоходных крепей позволяет применять различные схемы отработки целиков: с односторонней выемкой, с двусторонней выемкой, с двумя крепями под линией обрушения, с тремя крепями... Прогрессивная технология позволяет повысить долю вынимаемого из целиков угля с 60 до 85-90 % и более [14,15]. На начальном этапе для шахты «Межегейуголь» целесообразно освоение технологической схемы с односторонней отработкой целиков. При такой выемке остаточных массивов угля две секции MRS устанавливаются в начальное положение в выработке рядом друг с другом и в непосредственной близости к заходке, проводимой комбайном. Удаленная от вынимаемой заходки секция выдвигается на 50 % длины корпуса по отношению к ближней секции. Такое размещение MRS позволяет комбайну отработать заходки, не попадая в зону обрушения кровли. Затем комбайн переезжает к следующей заходке, а секции оператором передвигаются по выработке. Для этого на ближней к комбайну секции опускают козырек, передвигают тележку вперед на расстояние, равное длине корпуса, и снова подпирают козырьком кровлю. Затем такой же маневр проводят со второй секцией под защитой первой.

Целик угля обрабатывают за 7-8 заходов. При этом секции перемещают по камере последовательно несколько раз после чего их выводят в перпендикулярную выработку и устанавливают для поддержания ее кровли. В такой последовательности обрабатывают все целики первой выемочной панели. Поэтапная отработка целика под защитой MRS и обнажение кровли сопровождаются периодическим ее обрушением в отработанной зоне. Этим обеспечивается процесс управляемого обрушения породы участками, предотвращающий масштабные деформации недр.

Анализ предлагаемой технологии показывает, что для ее применения требуется четыре MRS, каждая из которых стоит около 900 тыс. долл. США. Стоимость всего комплекта составляет более 3,5 млн. долл. США. Высокая стоимость MRS обусловлена установкой в этой машине электродвигателя, маслостанции, радиоаппаратуры дистанционного управления... Машина требует непрерывного соединения с электросистемой шахты и расхода электроэнергии. Поставка оборудования из США влечет высокие транспортные и таможенные расходы. При этом секции используются для прямолинейного передвижения по выработке и последовательного поддержания участков кровли камеры вблизи заходки, извлекаемой проходческим комбайном.

Конструкция пневматического держателя кровли

С целью снижения производственных затрат шахты УК «Межегейуголь» авторами статьи было проведено исследование и выполнена разработка конструкции пневматического держателя кровли (ПНЕДЕК), отличающаяся большей простотой, надежностью и меньшей стоимостью. Установка

представляет собой металлическую раму 1, сваренную на полозьях 2, и каркас 3, усиленный укосинами 4 (рис. 4). Внутри рамы вертикально закреплены две стойки-трубы 5 диаметром порядка 200 мм, в которые подвижно установлены две стойки 6 меньшего диаметра 190 мм. Эти стойки 6 соединены с козырьком 7 и имеют возможность перемещаться внутри стоек 5, поднимая и опуская его. Козырек представляет собой металлическую пластину толщиной 30-40 мм со свесами по краям.

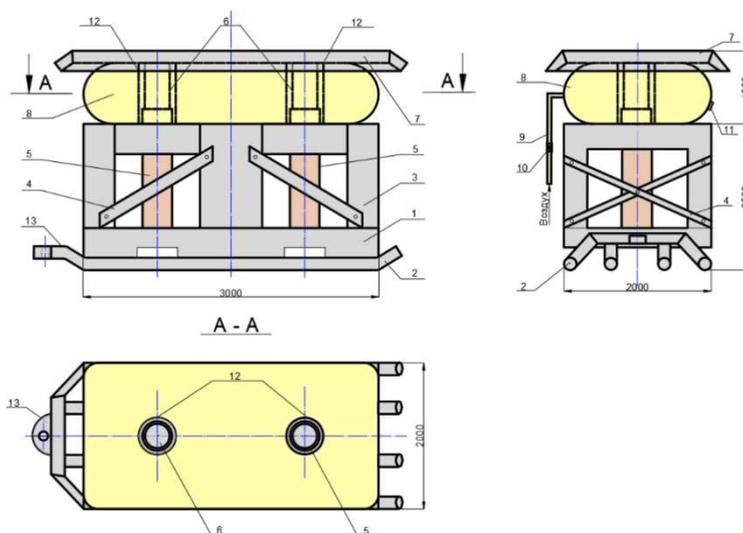


Рис. 2. Конструкция пневматического держателя кровли

Сверху на раме под козырьком 7 размещен пневмобаллон 8 подушкообразной формы, подключенный шлангом 9 к пневмосети шахты (или отдельному компрессору) и оснащенный запорным вентилем 10. Для сброса лишнего давления предусмотрен предохранительный клапан 11. Баллон выполнен из многослойной резинокордовой ткани, рассчитанной на высокое давление воздуха. В баллоне имеются отверстия 12 диаметром около 300 мм через которые проходят стойки 5 и 6. Полозья ПНЕДЕК на одной из сторон соединены между собой и оснащены проушиной 13 для транспортировки.

Пневмобаллоны ранее применялись в шахтах СССР для крепления выработок и зарекомендовали себя с положительной стороны при использовании в шахтах производственных объединений «Артем-уголь» и «Орджоникидзеуголь» [16]. Экспериментальные образцы пневмокрепей были успешно испытаны и переданы в серийное производство. Горловским ремонтно-механическим заводом ПО «Артем-уголь» серийно выпускались резинокордовые многополостные пневмокостры трех типоразмеров 6ПМ2, 6ПМ3, 6ПМ4 рассчитанные на рабочее давление сжатого воздуха 0,3-0,5 МПа. При использовании пневмокостра 6ПМ4 на пласте мощностью 1,2 м предельное расчетное давление в оболочке требовалось держать на уровне 1,2 МПа. Жесткость пневмокостра, измеренная на стенде, была равна 0,4-0,8 МН/м (тс/см), а на завершающем этапе сжатия жесткость возросла до 10-16 МН/м (тс/см) [17].

Как пишет В. С. Рахутин «начальный распор, создаваемый оболочкой, определяется произведением площади контакта оболочки с боковыми породами и внутреннего давления сжатого воздуха в ней. При среднем давлении воздуха 0,4 МПа и площади контакта 0,5 м² начальный распор составляет 200 кН, что примерно в 10 раз больше распора деревянного костра» [18]. Далее автор отмечает, что согласно расчету оболочка из 4 слоев корда выдерживает внутреннее давление до 4,77 МПа, что обеспечивает десятикратный запас прочности по сравнению с нормальными условиями. Среди преимуществ пневмокрепи перед металлической В. С. Рахутиным приводятся следующие: трехкратный коэффициент раздвижности; простота конструкции и невысокая стоимость; низкая трудоемкость монтажно-демонтажных работ; отсутствие «топтанья» кровли и сохранение ее устойчивости.

Таким образом, использование опыта горняков прежних поколений по применению пневмокрепей в современных шахтах, модифицированного под актуальные горно-технические условия, является вполне оправданным и может принести эффекты при решении нынешних производственных задач [19,20].

Предлагается разработанные конструкции ПНЕДЕК использовать в шахте «Межегейуголь» при камерно-столбовой отработке пласта. Установки размещают в камере на месте секций MRS. Раздвиж-

ность ПНЕДЕК до 3,5 м соответствует вынимаемой мощности пласта 3,4 м. При ширине установки равной 2 м в камере размещают две секции с промежутками между ними и боками камеры по 1 м.

Работают такие установки по вышеописанной технологии. Подъем козырька производят с помощью пневмобаллона. Перемещение ПНЕДЕК по выработке осуществляют комбайном, соединяя их цепью.

Преимуществами такой схемы ведения работ по извлечению угля из целиков являются:

- снижение производственных затрат на закупку и эксплуатацию оборудования;
- снижение риска потери дорогостоящего оборудования в случае завала;
- удаление из опасной зоны электрооборудования и электрокоммуникаций.

По предварительным оценкам стоимость одного ПНЕДЕК составит порядка 3-5 млн. р. Комплект из четырех установок обойдется шахте в 12-20 млн. р. Экономия на закупках составит: $200 - 20 = 180$ млн. р. Описанные преимущества предлагаемого технического решения определяют перспективу его реализации.

Список литературы:

1. Техническое перевооружение шахты угольной на период строительства угледобывающего комплекса ООО "УК "Межегейуголь". 1 очередь. Пусковой комплекс. Дополнение №2. Пояснительная записка/ЗАО «Промуглепроект». – Новокузнецк. 2016. – 162 с.
2. Булгаков Е.С., Вормсбехер С.А., Дьячук В.Н., Хажиев В.А. Совершенствование системы эксплуатации и ремонта горношахтного оборудования// Уголь. 2016. №2. С.83-85.
3. Прокопенко С.А., Лудзиш В.С. Применение инновационных комбайновых резцов в шахтах//Горная промышленность. 2012. - №1. С.56-60.
4. Баскаков В.П., Розенбаум М.А., Калинин С.И., Семенов В.В., Добровольский М.С. Отработка мощных угольных пластов, опасных по газодинамическим явлениям, системой коротких забоев// Уголь, 2015. №11. С.17-20.
5. Семенов В.В., Добровольский М.С., Нифанов Е.В., Шабалин М.П. Применение системы коротких забоев при отработке угольных пластов, склонных к динамическим явлениям// Вестник НЦ ВостНИИ. 2017. №2. С.27-31.
6. Лушников В.Н., Еременко В.А., Сэнди М.П., Косырева М.А. Выбор анкерной крепи для выработок, склонных к горным ударам//ФТПРПИ. 2017. №3. С.86-96.
7. Позолотин А.С., Гречишкин П.В., Опрук Г.Ю., Зяятдинов Д.Ф., Чугайнов С.С. Совершенствование конструкции опорных элементов анкерной крепи// Уголь. 2016. № 5. С.68-71.
8. Корнилков С. В., Яковлев В. Л. О методологическом подходе к исследованиям в области освоения недр на основе системности, комплексности, междисциплинарности и инновационной направленности// Горный журнал. 2015. №1. С.4-9.
9. Прокопенко С.А. Альтернативный источник энергии при работе очистных механизированных комплексов в угольных шахтах// С.А. Прокопенко, В.С.Лудзиш, И.А.Курзина, А.В.Сушко /Горный журнал. 2015. № 11. С. 75-77. doi:10.17580/gzh.2015.11.15.
10. Prokopenko S. A. , Sushko A. V. , Kurzina I. A. New design of cutters for coal mining machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012058. - p. 1-8. doi:10.1088/1757-899X/91/1/012058.
11. Howe L., 1998. A Decade of Mobile Roof Support Application in the United States. Paper in Proceedings, 17th International Conference on Ground Control in Mining, ed. by S. S. Peng (Morgantown, WV, Aug. 4-6, 1998). Dept. of Mining Engineering, WV Univ., pp 187-201.
12. Lind G.H. Key success elements of coal pillar extraction in New South Wales. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy 2002 199-205.
13. K. McTyer and T. Sutherland. The Duncan Method of Partial Pillar Extraction at Tasman Mine, 11th Underground Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011, 8-15.
14. Howe L. Two Decades of Mobile Roof Support Applications// <http://www.jhfletcher.com/articles/TwoDecadesOfMobileRoofSupports.pdf> Дата обращения 17.11.2017г.
15. Maleki, H., Owens, J., & Endicott, M. (2001). Field evaluation of mobile roof support technologies (pp. 67–77). Paper presented at the 20th international conference on ground control in mining, Morgantown, WV. West Virginia University// <https://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/feomr.pdf> Дата обращения 03.12.2017г.
16. Степанович Г.Я. Шахтные пневматические крепи. – К.: Техника, 1981. 158 с.

17. Розенталь М.Б. Опыт создания оболочек пневматических шахтных крепей: Экспресс-информ./ЦНИЭИуголь. – М., 1990. – 32 с.
18. Рахутин В.С. Пневматические конструкции в горном деле. Киев; Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 152 с.
19. Патент 2119584 РФ, МКП E21D 23/04. Секция пневмобалонной крепи [Текст]. Г.А.Ситников, С.А.Шахурдин, Н.С.Буйный. – №96118587/03; Заявл. 18.09.1996. Оpubл. 27.09.1998.
20. Костюк С.Г., Ситников Г.А., Бедарев Н.Т. Моделирование горных процессов для обоснования параметров разработки безлюдной выемки угля с применением пневмобалонной крепи// // Разработка родовищ. – 2013. – № 2013. - С. 153-158.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИВОДА ОТБОРА МОЩНОСТИ

Г.В. Редреев, канд. техн наук, доцент, А.Н. Сорокин, канд. техн наук, доцент,

А.А. Лучинович, аспирант

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

644008, г. Омск, Институтская пл. д.1, тел. (3812)-65-11-72

E-mail: weerwg@mail.ru

Аннотация: В агропромышленном комплексе одним из наиболее распространенных энергетических средств являются тракторы производства Минского тракторного завода [1]. Привод отбора мощности в этих тракторах осуществляется за счет планетарного механизма. Регулирование механизма управления регулировочными винтами осуществляется несвоевременно, вследствие этого долговечность лент оказывается очень низкой. Для повышения долговечности и эффективности привода отбора мощности предлагается конструкция включения привода за счет электромагнитов.

Abstract: In the agro-industrial complex, one of the most common power tools are tractors manufactured by the Minsk Tractor Plant. The drive of power take-off in these tractors is carried out at the expense of the planetary mechanism. Regulation of the control mechanism of adjusting screws is carried out untimely, as a result, the durability of the tapes is very low. To improve the durability and efficiency of the power take-off drive, a drive-on design is proposed by electromagnets.

Ключевые слова: отбор мощности, планетарный механизм, механизм управления, электрическое устройство

Keywords: power take-off, planetary mechanism, control mechanism, electric device.

Тракторы МТЗ широко используются при возделывании сельскохозяйственных культур в составе агрегатов с машинами с активными рабочими органами. Технологический процесс реализуется за счет энергии, подводимой от вала отбора мощности (ВОМ) трактора.

Для изменения крутящего момента используется планетарный механизм. Включение и выключение привода ВОМ осуществляется двумя ленточными тормозами. Шкив одного из тормозов соединен с водилом планетарного механизма; шкив другого – с солнечной шестерней (Рис. 1).

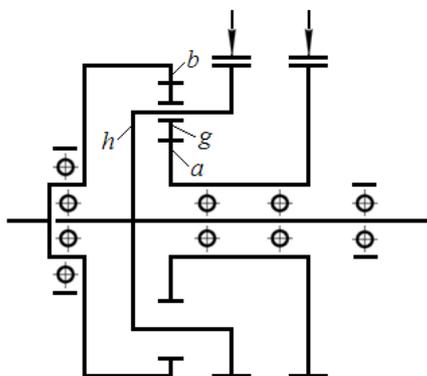


Рис. 1. Кинематическая схема ВОМ

a – солнечная шестерня, b – коронная шестерня, g – сателлит, h – водило

Наиболее нагруженной в ВОМ является тормозная лента барабана включения, соединенного с солнечной шестерней. Ввиду того, что периодическая регулировка механизма управления ВОМ

производится несвоевременно, время остановки барабана включения достаточно велико, продолжительное пробуксовывание барабана в тормозной ленте приводит к повышенному износу фрикционной накладки. Одной из причин увеличения износа при пробуксовывании барабана является особенности конструкции механизма включения. При этом время включения достаточно мало и не превышает 1 с, что приводит к повышенному износу фрикционной накладки ленты барабана включения. Для колодочных тормозов грузоподъемных машин, имеющих аналогичную конструкцию, рекомендуемое время торможения составляет 1,2–2 с.

Рассмотрим расчетную схему ВОМ и определим его отдельные кинематические и силовые характеристики (Рис. 2).

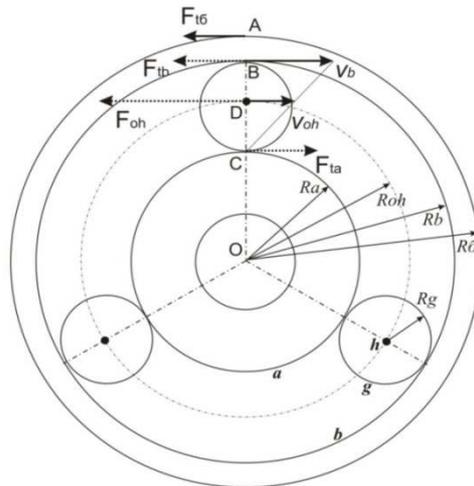


Рис. 2. Расчетная схема ВОМ

Обозначения на схеме:

R_a – радиус делительной окружности солнечной шестерни, м

R_{oh} – радиус окружности осей сателлитов

R_b – радиус делительной окружности коронной шестерни

$R_{b0}=0,08$ м – радиус барабана включения

R_g – радиус делительной окружности сателлита

F_{tb} – окружное усилие на барабане включения

F_{th} – окружное усилие на коронной шестерне

F_{oh} – окружное усилие на водиле на окружности осей сателлитов

F_{ta} – окружное усилие на солнечной шестерне.

Окружное усилие на барабане включения F_{tb} определится [2–4]:

$$F_{tb} = \frac{T_a}{R_a}, \text{ Н} \quad (1)$$

T_a – вращающий момент на солнечной шестерне, Нм

$$T_a = T_b \left(u_{bh}^a \eta_{bh}^a - 1 \right), \text{ Нм} \quad (2)$$

$$T_a = \frac{30 \cdot 0,34 \cdot N_{BOM}}{\pi n_{BOM}} \text{ Нм} \quad (3)$$

Частота вращения вала пВОМ совпадает с частотой вращения водила с барабаном и составляет (для разного типа ВОМ) 545 или 1000 об/мин. Мощность привода пВОМ различных сельскохозяйственных машин изменяется в пределах от 5 до 37 кВт [5].

$$T_b = \frac{30 \cdot 0,34 \cdot 37000}{3,14 \cdot 545} = 220,5 \text{ Нм}$$

Величина окружного усилия на барабане при его радиусе 0,08 м составит:

$$F_{\text{об}} = \frac{220,5}{0,08} \approx 2760 \text{ Н}$$

На основании величины окружного усилия рассчитываются характеристики тормоза.

В соответствие с расчетами, сила трения $F_{\text{тр}}$ между лентой и барабаном включения должна быть не менее 2760 Н. С учетом коэффициента запаса [6] сила трения $F_{\text{тр}}^3$ должна составлять не менее 4140 Н.

Усилие прижима лента к барабану включения определяется по зависимости:

$$F_{\text{np}} = \frac{F_{\text{тр}}^3}{f e^{f\alpha}}, \text{ Н}$$

где f – коэффициент трения между фрикционной накладкой ленты и барабаном включения, составляет величину 0,4;

α – угол обхвата лентой барабана, рад. Для ленты применяемой конструкции $\alpha = 5,76$ рад.

При минимальном значении коэффициента трения величина усилия прижима составит:

$$F_{\text{np}} = \frac{4140}{0,4 e^{0,4 \cdot 5,76}} = 1033,5 \text{ Н}$$

Одним из резервов снижения усилия прижима ленты является увеличение угла обхвата лентой барабана. Однако для этого необходимо изменение конструкции ленты. Наиболее рациональным является изменение способа прижима ленты.

Нами разработана конструкция управления включением механизма отбора мощности с помощью электромагнитов (Рис. 3) [7]:

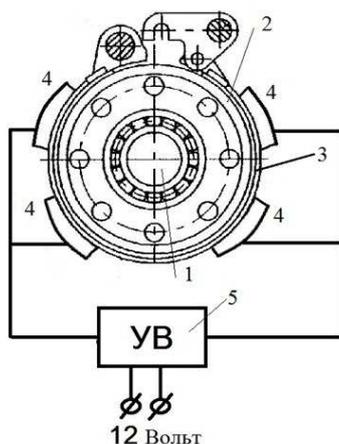


Рис. 3. Механизм включения привода электромагнитами:
1 – вал; 2 – барабан включения; 3 – лента; 4 – электромагниты; 5 – устройство включения

Усилие прижима ленты, при четырех электромагнитах, составит $F = 1033,5/4=258,4$ Н в расчете на один магнит. Конструкция ВОМ позволяет смонтировать на тормозных лентах электромагниты и установить разъемы для электрических проводов на задней стенке корпуса ВОМ. Устройство включения настраивается таким образом, чтобы включения привода осуществлялись за оптимальный промежуток времени.

Объемная плотность энергии магнитного поля равна [8]:

$$\frac{dW}{dV} = \frac{BH}{2} = \frac{\mu_0 H^2}{2}, \quad (4)$$

где B – магнитная индукция, Тл; $H = \frac{B}{\mu_0}$ – напряженность магнитного поля, $\frac{А}{м}$;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Гн}{м}$ – абсолютная магнитная проницаемость воздушного зазора; $dV = Sdx$ – элементарный объем воздушного зазора, м³, в котором сосредоточена магнитная энергия $dW = Fdx$, Дж; S – площадь поперечного сечения магнитопровода, м²; dx – бесконечно малая длина воздушного зазора магнитопровода, м; F – сила тяги электромагнита.

Если намагничивание сердечника электромагнита не достигает точки насыщения, то напряженность магнитного поля в воздушном зазоре $H \approx I_w / x$, где I_w – магнитодвижущая сила (МДС) обмотки электромагнита, А; x – толщина фрикционного слоя ленты ($x \approx 4$ мм).

Тогда

$$\frac{dW}{dV} = \frac{Fdx}{Sdx} = \frac{F}{S} = \frac{\mu_0 (I_w)^2}{2x^2}. \quad (5)$$

Таким образом, обмотка катушки электромагнита постоянного тока должна обеспечить МДС

$$I_w = x \sqrt{\frac{2F}{\mu_0 S}}. \quad (6)$$

Проведем расчет катушки напряжения электромагнита, питающегося от источника постоянного напряжения при номинальном напряжении $U = 12$ В (минимальное напряжение, при котором возможна ее работа $U_{\min} = 10,8$ В); конструкция такой катушки представлена ниже (Рис. 4).

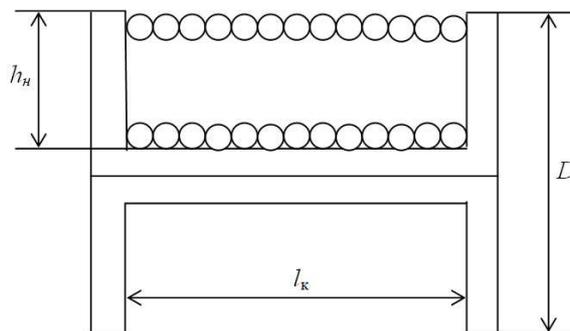


Рис. 4. Катушка электромагнита в разрезе:
 h_n – толщина намотки; D – диаметр катушки; l_k – длина катушки

Ее геометрические размеры определены с учетом конструкции ВОМ и соответствуют следующим значениям: $h_n = 10$ мм; $D = 40$ мм; $l_k = 45$ мм. При этом площадь сечения сердечника

$S = \pi \frac{(D-2h)^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, а необходимая МДС согласно (7) будет равна

$$I_w = 4 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot 258,4}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^{-11}}} \approx 4576 \text{ А}.$$

По формуле Ньютона вычислим превышение температуры катушки над температурой внешней среды

$$\Delta \tau = \frac{P_{\kappa}}{k_T S_{\text{охл}}} = \frac{P_{\kappa}}{k_T \pi D_{\kappa} (l_{\kappa} + D_{\kappa} / 4)} = 1702,67^{\circ}\text{C}.$$

По результатам расчетов электромагнит такой конструкции не удовлетворяет требованиям по термостойкости изоляции провода. Необходимо изменение сердечника электромагнита (Рисунок 5):

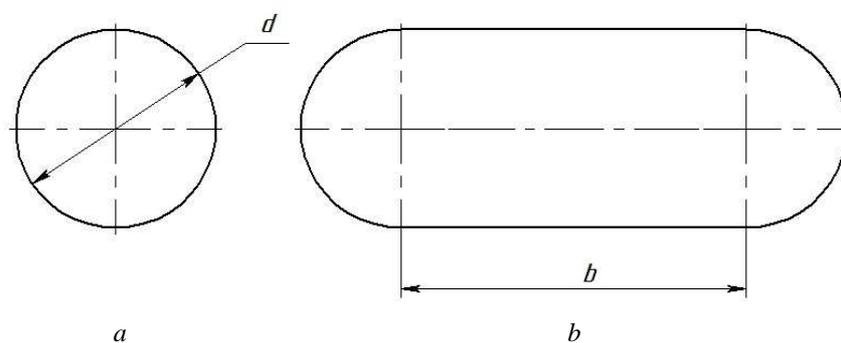


Рис.5. Форма поперечного сечения сердечника электромагнита
а – круглое сечение; b – сечение вытянутой формы

При размерах прямоугольной части поперечного сердечника вытянутой форма $d \times 2d$ превышение температуры катушки $\Delta \tau$ составит 200°C , что соответствует классу С нагревостойкости изоляции [9–10].

Выводы

Повысить эффективность торможения барабана планетарного механизма отбора мощности можно за счет прикладывания усилия на ленту электромагнитами в четырех точках, вместо одной в прежней конструкции. При переходе от механического устройства включения привода к электрическому устройству исключается операция регулирования, что сокращает время технического обслуживания и значительно повышает долговечность тормозной ленты.

Список литературы:

1. Ксенович, И.П. Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 / И.П. Ксенович, С.Л. Кустанович, П.Н. Степанюк и др.; Под общ. ред. И.П. Ксеновича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 254 с.
2. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 11-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2007. – 408 с.
3. Планетарные передачи. Справочник / Под ред. В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева. – Л.: Машиностроение, 1977. – 536 с.
4. Александров, М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. / М.П. Александров; 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1976. – 383 с.
5. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве: Сборник. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. — 316 с.
6. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Высш. школа, 1979. – 558 с.
7. Пат. №185594 Российская Федерация. МПК В04К 17/28. Вал отбора мощности / Г.В. Редреев, А.А. Лучинович; патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина». – № 2018120959; заявл. 06.06.2018; опубл. 11.12.2018, Бюл. № 35. – 2 с.
8. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм / Г.Е. Зильберман – М.: Наука, 1970. – 384 с.

9. Огоньков, В.Г., Евтушенко, Ю.М. Электроизоляционные материалы и системы изоляции для электрических машин. В 2 книгах. / В.Г.Огоньков, Ю.М.Евтушенко – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 304 с. (Кн. 2).
10. Аснович Э.З., Колганова В.А. Высоконагревостойкая электрическая изоляция. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 264 с.

РАЗРАБОТКА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНОГО-СЫРЬЯ

*Р. Г. Сафин, д.т.н., проф., Г. Р. Арсланова, асп. А. М. Габидуллин, асп.
ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, РТ, г. Казань, ул. К. Маркса 68, тел. 89870648327
e-mail: 94arslanovagulshat@mail.ru*

Аннотация: В связи со стремительным развитием мировой и отечественной экстракционной промышленности, а также существующей проблемой по рациональному использованию отходов лесного комплекса была разработана опытно-промышленная установка для переработки древесного сырья. Позволяющая комплексно перерабатывать древесные отходы, в частности кору и зелень, в состав которых входит множество ценных компонентов, а также снизить энергозатраты, за счет технологических особенностей.

Abstract: In connection with the rapid development of the world and domestic extraction industry, as well as the existing problem of rational use of forest complex waste, a pilot plant for the processing of raw wood was developed. It allows complex processing of wood waste, in particular, bark and greens, which include many valuable components, as well as reduce energy costs, due to technological features.

Ключевые слова: экстракция, древесные кора и зелень, установка.

Key words: extraction, tree bark and greens, installation.

Лесной комплекс России, в который входят деревообрабатывающая и деревоперерабатывающая промышленности, является важным показателем в экономике страны [1]. Это обусловлено не только огромными запасами древесного сырья, но и широким спектром областей, применяющих продукты деятельности лесного комплекса. Однако в результате интенсивной заготовки древесины появляется проблема эффективного и комплексного использования древесных лесных ресурсов, а именно, рациональная утилизация отходов [2,3]. В связи с этим, на сегодняшний день основной задачей лесного комплекса является максимальное вовлечение всей биомассы дерева в производство.

Отходы образуются практически на всех стадиях лесозаготовительного и деревоперерабатывающего процессов. Большой объем из них составляют кора и зелень [4]. Их области применения весьма малы. Зачастую кору и зелень используют в производстве кормовых продуктов для животных. Кору возможно использовать в качестве низкосортного топлива. Однако перед сжиганием она требует предварительной подготовки, что делает данный процесс сложным, а метод утилизации нерентабельным. Также кору применяют в производстве плитных материалов. Зачастую она применяется во внутреннем слое трех- и пятислойных стружечных плит [5]. Однако такие плиты уступают обычным древесным плитам по прочностным характеристикам. К наиболее перспективной области применения коры и зелени относят химическую переработку. Ведь данные отходы являются источниками многих ценных экстрактивных веществ, из которых получают биологически активные, душистые, красящие и прочие ценные вещества [6,7].

В последние годы в фармацевтической, пищевой, парфюмерно-косметической промышленности, бытовой химии и сельском хозяйстве возрос спрос на использование натуральных растительных компонентов. Большое значение в решении этого вопроса может иметь процесс экстрагирования древесной коры и зелени. Поскольку из полученных в результате этого процесса ценных веществ возможно изготовление лекарственных препаратов, композиций для бытовой химии и косметики, концентрата витаминов и антисептиков для сельскохозяйственной отрасли [8,9].

Развитие мировой и отечественной экстракционной промышленности, ее современное состояние и перспективы указывают на необходимость нового экологически и экономически обоснованного подхода, организации безотходного производства и разработки нового ресурсосберегающего и эффективного оборудования [10]. Существующие современные установки по экстракции ценных компонентов из растительного сырья позволяют достаточно полно и с высокими скоростями извлекать необходимые вещества. Однако следует вместе с тем признать их сложность и энергоемкость [11].

Для комплексного использования древесного сырья была разработана опытно-промышленная установки для переработки древесной коры и зелени [12].

Установка содержит в себе два основных блока – экстрактор и холодильник. Схема установки представлены на рис.1.

Комплексную переработку на данной линии ведут следующим образом. Предварительно измельченную древесную биомассу через загрузочную воронку 1 подают в экстрактор 2. Сырье подают на верхние тарелки экстрактора, а экстрагент, предварительно нагретый в рекуперативном теплообменнике 16, подают снизу. В качестве экстрагента используется этанол различной концентрации. Далее отработанное сырье подают в бункер 11, в котором происходит предварительная подсушка в разреженной среде, создаваемой эжекторным насосом 6. Затем отработанное сырье подают в аэрофонтанную сушилку 12 и сушат до влажности 10-15 % . После чего его измельчают в измельчителе 13 и сепарируют в циклоне 14. Измельченную древесную биомассу подают в дозатор готовой продукции - кормовой муки 15. Полученный в экстракторе 2 экстракт подают в вакуум-фильтр 3, после чего отфильтрованный экстракт выпаривают. Сначала экстракт растекается по обогреваемым полкам выпарного аппарата 4 и сгущается за счет удаления, преимущественно, этанола эжекторным насосом 6. Затем ведут сушку в вакуум-шнековых сушилках 9, 10, где удаляют, преимущественно, воду вакуумным водокольцевым насосом 5.

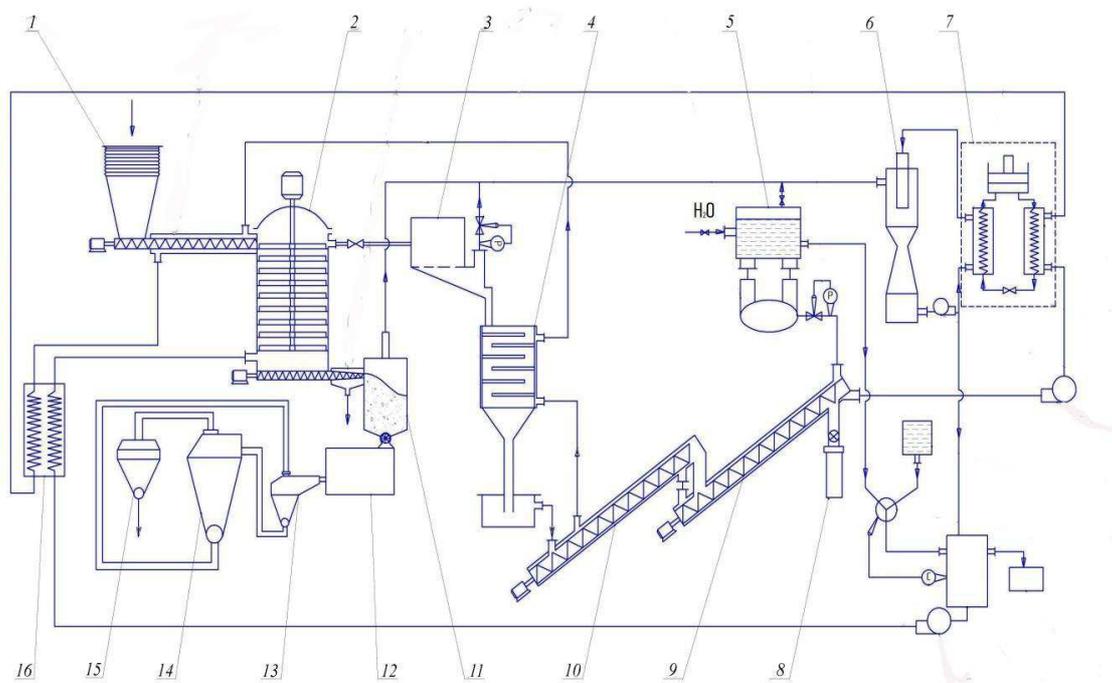


Рис. 1. Схема установки экстракции растительного сырья

Выделенные из экстракта биологически активные вещества собирают в сборнике готовой продукции 8. Паровую среду, удаленную при выпаривании экстракта, конденсируют эжекторным насосом 6, а тепловая энергия отнимается компрессорным агрегатом 7 и передается на выпаривание экстракта, на прогрев древесного сырья и экстрагента. Часть сконденсировавшейся паровой среды отправляют в узел подачи экстрагента. Данная установка позволяет при минимальных энергозатратах комплексно перерабатывать древесное сырье, делая производство безотходным, что способствует решению проблемы комплексной утилизации биомассы и существенно повышает рентабельность предприятий. Получаемые при этом продукты могут быть использованы как сырье для фармацевтических, парфюмерно-косметических предприятий, а также в сельском хозяйстве.

Список литературы:

1. Тимербаев Н. Ф., Сафина А. В., Арсланова Г. Р., Зиятдинова Д. Ф. Повышение энергоэффективности процесса экстракции // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2017. – Т. – 19. - № - 5-6. – С. 35-40.
2. Галяветдинов, Н. Р., Воронин А. Е. Переработка древесной зелени с последующим получением полезных продуктов // Вестник технологического университета, 2014. – Т. 17. – №15. – 234-236 с.
3. Сафина, А. В., Арсланова Г. Р., Зиятдинова Д. Ф. Экстрагирование флавоноидов из коры и листьев ивы // Деревообрабатывающая промышленность, 2016. - № 4. – С. 56-49.
4. Willför S. et al. Spruce-derived mannans—A potential raw material for hydrocolloids and novel advanced natural materials // Carbohydrate Polymers. – 2008. – Т. 72. – №. 2. – С. 197-210.
5. Турецкова В. Ф., Лобанова И. Ю., Рассыпанова С. С., Талыкова Н. М. Осина обыкновенная как перспективный источник получения препаратов противоязвенного и противовоспалительного действия // Бюллетень сибирской медицины, 2011. – Т. – 10. - № 5. – 340 с.
6. Сафина А. В., Тимербаев Н. Ф., Зиятдинова Д. Ф., Арсланова Г. Р. Экстракция ценных компонентов из лесосечных отходов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – Архангельск: "Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова", 2018. - № 1, - С. 109-119
7. Fermeglia M. 2 Role of Process Simulation in Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants // Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. – 2008. – С. 55.
8. Хитева, О.О. Сравнительное фитохимическое изучение коры и однолетних побегов ивы белой (*Salix alba* L.), произрастающей на Северном Кавказе // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины: материалы 68 открытой науч.-практ. конф. 9-13 сент. 2010 г.. – Волгоград, 2010. - С.324-325.
9. Крылова С. Г., Турецкова В. Ф., Макарова О. Г., Зуева Е. П. Разработка технологии и экспериментальное исследование противоязвенной активности гастроретентивных таблеток с экстрактом коры осины сухим // Химико-фармацевтический журнал, 2018. – Т. – 52. - №2. – С. 28-33.
10. Макаров, А. А. Исследование химического состава экстрактивных веществ березы и сосны при торрефикации. // Вестник технологического университета, 2015. – Т. 18. – №15. – 248-250с.
11. Новикова И. В., Агафонов Г. В., Корниенко Т. С. Исследование скорости экстрагирования компонентов из древесного сырья // Вестник ВГУИТ, 2012. - № 3. – 197 с.
12. Патент №2655343 (Россия). Способ комплексной переработки древесной зелени / Д.Ф. Зиятдинова, А. В. Сафина, Н. Ф. Тимербаев, Д. А. Ахметова, Г. Р. Арсланова, Р. Р. Сафин, Р.Г. Сафин, А.Р. Шакиров // .2016. № 15.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ТОКАРНОЙ
ОБРАБОТКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 08X18N10Г2M2
С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ**

Н.Н. Шамарин, м.н.с.,^{2,а}, А.В. Филиппов, к.т.н, ст.преп.¹, н.с.², О.А. Подгорных, зав. лаб.¹

¹ Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета,

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-61

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4, тел. (3822)-49-18-81

^аE-mail: shnn@ispms.ru

Аннотация: В работе представлены результаты экспериментального исследования влияния структурного состояния коррозионностойкой стали 08X18N10Г2M2 на качество её обработки в процессе точения. Рассматривались образцы в исходном состоянии с крупнокристаллической структурой и образцы с ультрамелкозернистой структурой. В результате сравнительных исследований установлено, что формирование ультрамелкозернистой структуры способствует повышению качества обработки коррозионностойкой стали 08X18N10Г2M2 при точении, по сравнению с крупнокристаллическими образцами.

Abstract: The paper presents the results of an experimental study of the influence of the structural state of corrosion-resistant steel 08Cr18Ni10Mn2Cu2 on the quality of its processing in the process of turning. Samples in the initial state with a coarse-crystalline structure and samples with an ultrafine-grained structure were considered. As a result of comparative studies, it has been established that the formation of an

ultrafine-grained structure contributes to an improvement in the quality of processing of corrosion-resistant steel 08Cr18Ni10Mn2Cu2 during turning, as compared to large-crystalline samples.

Ключевые слова: ультрамелкозернистые материалы, обработка резанием, шероховатость

Keyword: ultrafine-grained materials, cutting, surface roughness

Известно, что измельчение структуры различных металлов и сплавов путем интенсивной пластической деформации (ИПД) приводит к существенному повышению их прочностных свойств, что открывает широкие возможности для их практического применения в качестве изделий в машиностроении, медицине, транспортной, аэрокосмической и других областях промышленности. К наиболее характерным особенностям такого рода материалов относят высокие показатели прочности и пластичности, низкий коэффициент деформационного упрочнения, различие в сопротивлении и характере разрушения при ударных и циклических нагрузках в области малой многоциклового усталости, структурную стабильность и ряд других [1, 2].

Однако существующие методы ИПД пока не позволяют в полной мере совместить процессы получения ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры и формообразования. В связи с этим для практического применения УМЗ материалов необходима их дополнительная обработка. Самым распространенным методом получения металлических изделий является обработка резанием. Для эффективного получения качественных изделий необходимо иметь сведения об обрабатываемости, которая по большей части зависит от механических свойств и структуры материала. Обрабатываемость резанием является комплексной характеристикой материала, которая характеризуется множеством показателей и одним из ключевых является шероховатость и качество обработанной поверхности в целом. Шероховатость при обработке резанием сказывается на эстетике изделия и точности его размеров, а также влияет на ряд физических и химических свойств, таких как коррозионная стойкость, вязкость разрушения, отражательная способность и усталостная долговечность. [3, 4]

На сегодняшний день отсутствует целостное представление о шероховатости изделий из УМЗ материалов при их обработке резанием. Некоторые авторы отмечают, что изделия из УМЗ материалов сформированных методами ИПД, после обработки резанием имеют шероховатость ниже чем их крупнокристаллические аналоги [3, 5-8]. В других же исследованиях, как, например, [9] показана обратная картина.

Однозначно можно сделать вывод только о том, что устоявшиеся за многие годы рекомендации по обработке традиционных крупнокристаллических материалов дают несколько иной эффект на шероховатость поверхности при обработке резанием этих же материалов в УМЗ состоянии.

Таким образом, исследование шероховатости, как ключевого параметра, определяющего качество механической обработки изделий из УМЗ материалов, является важной задачей и требует отдельного внимания.

В качестве исследуемого материала была принята коррозионнотойкая сталь, как материал, к которому довольно часто предъявляются высокие требования к шероховатости в виду его применения в агрессивных средах и сферах где имеет значение внешний вид изделия. А с точки зрения воздействия ИПД, аустенитные и аустенито-ферритные стали имеют предрасположенность к существенному упрочнению. В связи с этим целью работы является сравнительное экспериментальное исследование качества токарной обработки коррозионнотойкой стали 08X18N10Г2М2 с крупнокристаллической и ультрамелкозернистой структурой, сформированной методами интенсивной пластической деформации.

Исследовались три типа образцов. Первый тип образцов в исходном состоянии (обозначен как исходный), второй – после прессования по трем осям (обозначен как прессованный), третий после прессования и прокатки (обозначен как прокатанный). Исходные образцы представляют собой материал, подвергнутый закалке на аустенит. Прессованные образцы получены путем осадки образца по трем координатным осям. Прокатанные образцы получены путем прокатки образцов толщиной 20 мм, полученных после прессования, до квадратного прутка размером в сечении 10 мм.

Обработка резанием производилась на токарном обрабатывающем центре. Обрабатывалась торцевая часть цилиндрических образцов диаметром 9 мм. Частота вращения заготовки составляла 4000 об/мин, подача – 0,07 мм/об, глубина резания – 0,4 мм. В качестве режущего инструмента использовался стандартный контурный резец с твердосплавной пластиной для чистовой обработки с радиусом при вершине 0,3 мм.

Структурные исследования для образцов после интенсивной пластической деформации выполнены методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Оценка шероховатости поверхности после токарной обработки выполнена при помощи лазерного сканирующего микроскопа со специализированным программным обеспечением.

Исходные образцы имели размер зерна порядка 30 мкм. После прессования средний размер зерна был уменьшен до 350 нм, последующей прокаткой была достигнута структура с размером зерен порядка 100 нм. После токарной обработки на макроскопических изображениях обработанных поверхностей крупнокристаллических и УМЗ образцов явно выраженных дефектов не выявлено. Примеры макроизображений обработанных поверхностей представлены на рисунке 1а. В результате микроскопических исследований и оценки шероховатости обработанной поверхности установлены следующие значения параметра Rz: 3,0 у исходного образца, 2,68 у прессованного и 2,38 у прокатанного. Параметра Ra: 0,61 у исходного образца, 0,57 у прессованного образца и 0,46 у прокатанного образца.

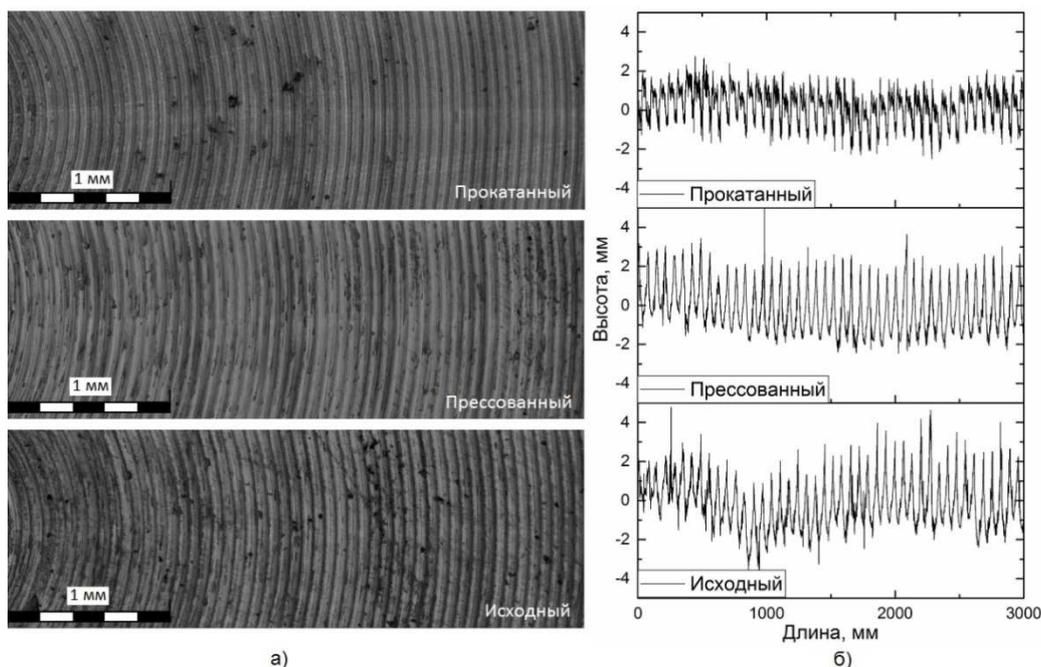


Рис. 1. Макроизображения обработанных поверхностей образцов: (а), вид поофилей обработанных поверхностей (б)

Выводы

Исследование показало, что при точении коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2 на качество поверхности влияет величина среднего размера зерен обрабатываемого материала. По мере уменьшения размера зерен профиль обработанной поверхности приобретает более ровный и стабильный характер, а величины параметров шероховатости Rz и Ra снижаются.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00058.

Список литературы:

1. В. В. Столяров. Механические свойства и деформационное поведение ультрамелкозернистых и наноструктурных сплавов // Физика И Техника Высоких Давлений 2013, Том 23, № 2. 2013.
2. Valiev R.Z., Alexandrov I.V. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation // Acta Metallurgica Inc. 1999. Vol. 12, № 1–4. 35-40 p.
3. Morehead M.D. Machinability and Microstructure Stability During the Machining of Pure Copper and Titanium Processed By Equal Channel Angular Pressing // Master Sci. Thesis. 2007. № May.
4. M. Morehead, Y. Huang, Y.T. Zhu, T.C. Lowe R.Z.V. Experimental investigation of the machinability of equal channel angular pressing processed commercially pure titanium // Soc. Manuf. Eng. 2006. Vol. 34. P. 539–546.
5. Morehead M., Huang Y., Ted Hartwig K. Machinability of ultrafine-grained copper using tungsten carbide and polycrystalline diamond tools // Int. J. Mach. Tools Manuf. 2007. Vol. 47, № 2. P. 286–293.

6. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Точение. СТИН. 2018. № 7. С. 20-24.
7. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Фрезерование. СТИН. 2018. № 12. С. 32-35.
8. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Подгорных О.А., Шамарин Н.Н., Воронцов А.В. Влияние равноканального углового прессования на качество поверхности алюминиевого сплава В95 после фрезерования. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2018. Т. 20. № 4. С. 96-106.
9. Habrat W. et al. Evaluation of the cutting force components and the surface roughness in the milling process of micro- and nanocrystalline titanium // Arch. Metall. Mater. 2016. Vol. 61, № 3. P. 1033–1038.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ПОСЛЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В95 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Н.Н. Шамарин, м.н.с.,^{2,а}, А.В. Филиппов, к.т.н, ст.преп.¹, н.с.², О.А. Подгорных, зав. лаб.¹

¹ Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-61

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4, тел. (3822)-49-18-81

^а E-mail: shnn@ispms.ru

Аннотация: В работе рассматривается экспериментальное исследование влияния структурного состояния алюминиевого сплава В95 на качество его обработки в процессе точения. Рассматривались образцы в исходном состоянии с крупнокристаллической структурой и образцы с ультрамелкозернистой структурой. Для формирования ультрамелкозернистой структуры образцы были подвергнуты интенсивной пластической деформации с привлечением метода равноканального углового прессования. После формирования различного структурного состояния в образцах осуществлялось протачивание их наружной торцевой поверхности и оценивалось качество обработки. В результате сравнительных исследований установлено, что качество обработки ультрамелкозернистых образцов лучше по сравнению с крупнокристаллическими.

Abstract: An experimental study of the influence of the structural state of the 7075 aluminum alloy on the quality of its processing during turning is considered. Samples in the initial state with a coarse-crystalline structure and samples with an ultrafine-grained structure were considered. To form an ultrafine-grained structure, the samples were subjected to severe plastic deformation using the equal-channel angular pressing method. After the formation of a different structural state in the samples, their outer end surface was pierced and the processing quality was evaluated. As a result of comparative studies, it was found that the processing quality of ultrafine-grained samples is better compared to large-crystalline samples.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, точение, резание, ультрамелкозернистый сплав.

Keywords: aluminum alloy, turning, cutting, ultra fine-grained alloy.

Размерная механическая обработка металлов и сплавов является важным направлением деятельности промышленных предприятий в машиностроении, авиа- и ракетостроении, судостроении и приборостроении. Обеспечение требуемых показателей точности геометрии и качества поверхности детали после обработки является необходимым условием эффективного её использования в составе узлов и агрегатов различной техники. Точение является одной из основных технологических операций при формообразовании разнообразных конструкционных материалов. Токарные операции осуществляются по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям заготовки, а также торцевым поверхностям. Зачастую большую сложность представляет обеспечить равномерное качество и точность обработки именно торцевых поверхностей из-за неравномерности условий резания. Эта неравномерность заключается в линейном изменении скорости резания при перемещении инструмента в направлении от периферии к центру торцевой поверхности. В результате этой нестабильности скорости резания шероховатость обработанной поверхности является не одинаковой на периферии и в центре детали.

Высокопрочный алюминиевый сплав В95 является перспективным материалом для производства авиационной и ракетно-космической техники. Сочетание малой плотности и высокой прочности

позволяют проектировать компактные и легкие изделия с высокой несущей способностью. В тоже время возможно дополнительное повышение механической прочности и твердости этого материала путем измельчения его зеренной структуры методами объемной интенсивной пластической деформации [1-3]. Ранее в работах [4-10] проводились исследования обрабатываемости резанием металлов и сплавов с ультрамелкозернистой структурой. Где авторы преимущественно указывают на хорошую обрабатываемость резанием подобных материалов и на повышение качества обработки по сравнению с крупнокристаллическими аналогами. В статьях [11-12] рассматривается влияние обработки резанием (при точении и фрезеровании) на параметры шероховатости и волнистости поверхности алюминиевого сплава АМг2 с крупнокристаллической и ультрамелкозернистой структурой. Показано, что при обработке материалов с ультрамелкозернистой структурой повышается качество поверхности изделия, по сравнению с обработкой материалов с крупнокристаллической структурой. На основе полученных экспериментальных результатов в работе [13] установлено, что РКУП является эффективным способом повышения качества механической обработки поверхности при фрезеровании алюминиевого сплава В95. В то же время для обеспечения оптимального соотношения качества обработки и высокой механической прочности достаточно двух проходов РКУП при выбранных условиях осуществления процесса структурообразования. Полученные результаты указывают на большой потенциал использования изделий из объемных УМЗ-материалов в промышленности за счет возможности сочетания в них высоких механических свойств и качества механической размерной обработки.

Целью данной работы является исследование влияния структурного состояния алюминиевого сплава В95 на качество его поверхности после размерной механической обработки при точении.

В данной работе осуществлялась обработка цилиндрических заготовок на токарном станке OKUMA ES-L8II-M. Обтачивалась торцевая поверхность заготовок с КК и УМЗ структурой. Частота вращения шпинделя составляла 4000 об /мин, подача – 0,15 мм/об., глубина резания 0,4 мм. Использовался проходной резец со сменной многогранной пластиной фирмы Korloy, маркировка – CCGT 120408-AR. Обрабатывались заготовки сплава В95 с исходной КК структурой и образцы с УМЗ структурой полученные методом равноканального углового прессования (РКУП). РКУП осуществлялся по схеме Вс с углом пересечения каналов 90° при скорости деформирования 6 мм/с. Температура прессования составляла 200°С. В процессе РКУП образцы были деформированы до различной степени деформации – 1, 2 и 4. Степень деформации соответствует числу проходов при РКУП. Структурные исследования для образцов с УМЗ структурой выполнены методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) при помощи микроскопа JEM-2100 (JEOL Ltd, Japan). Оценка качества поверхности после механической обработки выполнена на лазерном сканирующем микроскопе Olympus OLS LEXT 4100 со специализированным программным обеспечением.

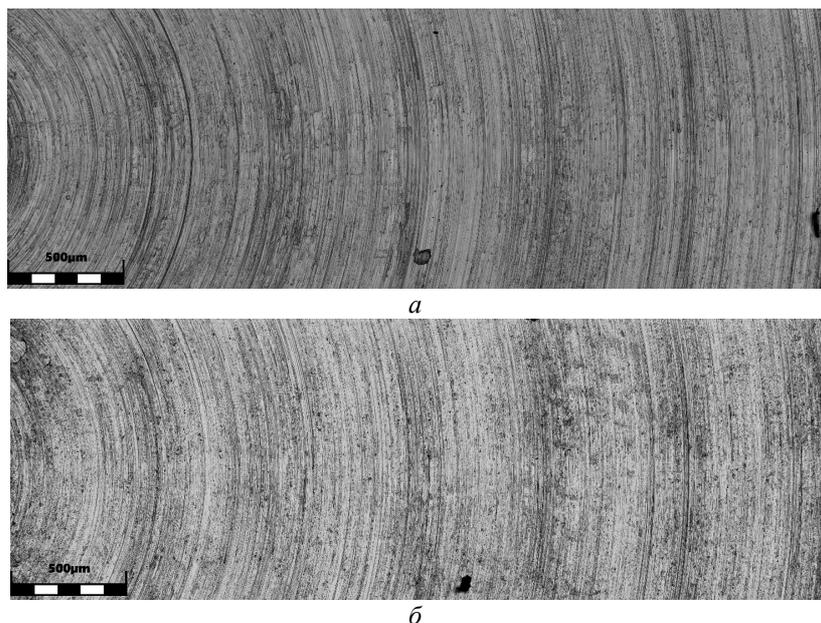


Рис. 1. Изображения обработанных поверхностей крупнокристаллического (а) и ультрамелкозернистого (б) образцов из сплава В95

В результате структурообразования методом РКУП после двух и четырех проходов достигнуто ультрамелкозернистое состояние заготовок со средним размером зерна порядка 500 нм и 200 нм, соответственно. На рисунке 1 приведены изображения обработанных поверхностей алюминиевого сплава В95 с крупнокристаллической и ультрамелкозернистой структурой. На макроскопическом уровне существенных различий между исследуемыми образцами не наблюдается. Выявленных поверхностных дефектов не выявлено. В тоже время, при микроскопических исследованиях, наблюдается небольшая волнообразность профиля поверхности у исходного образца и образца (кривизна составляет $2,8 \pm 0,1$ мкм), сформированного за 1 проход РКУП (Рис.2). Образцы, сформированные за 2 и 4 прохода РКУП имеют более линейный профиль. Кривизна профиля хорошо просматривается по средней линии (показана пунктиром на Рис.2.). Шероховатость поверхности для рассматриваемых образцов практически одинакова и составляет по параметру R_z $1,4 \pm 0,15$ мкм, по параметру R_a $0,27 \pm 0,03$ мкм. Следовательно, единственным отличием в качестве обработки образцов с разным структурным состоянием является кривизна профиля поверхности.

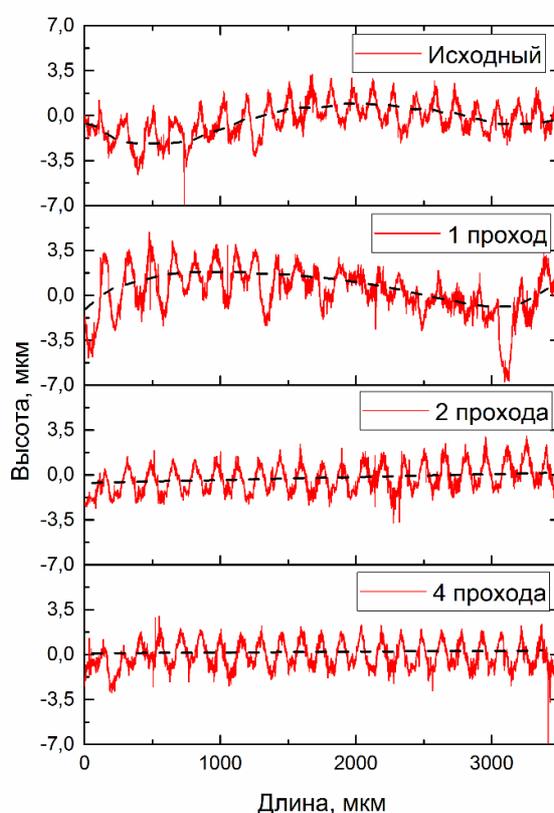


Рис. 2. Профили обработанных поверхностей крупнокристаллических и ультрамелкозернистых образцов из сплава В95

Выводы

В результате выполненных экспериментальных исследований установлено, что при обработке образцов с ультрамелкозернистой структурой профиль поверхности более линейный, чем при обработке крупнокристаллических образцов. Шероховатость поверхности крупнокристаллических и ультрамелкозернистых образцов приблизительно одинакова. Из полученных экспериментальных данных следует, что качество обработки образцов с ультрамелкозернистой структурой выше, чем качество обработки крупнокристаллических образцов алюминиевого сплава В95.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00058.

Список литературы:

1. Vaseghi M., Karimi Taheri A., Hong S.I., Kim H.S. Dynamic ageing and the mechanical response of Al–Mg–Si alloy through equal channel angular pressing. *Journal Materials Design*. 2010. Vol. 31. P. 4076–4082. doi: 10.1016/j.matdes.2010.04.056
2. Roven H.J., Liu M., Werenskiold J.C. Dynamic precipitation during severe plastic deformation of an Al–Mg–Si aluminium alloy. *Material Science and Engineering A*. 2008. Vol. 483. P. 54–58. doi:10.1016/j.msea.2006.09.142
3. Valiev R., Islamgaliev R., Alexandrov I. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation. *Progress in Materials Science*. 2000. Vol. 45. P. 103–189. doi:10.1016/S0079-6425(99)00007-9.
4. Ning J. Inverse determination of Johnson – Cook model constants of ultra-fine-grained titanium based on chip formation model and iterative gradient search. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018. doi: 10.1007/s00170-018-2508-6
5. Chertovskikh V. Cuttability of UFG titanium BT1-0 obtained by ECAE. *Russian Engineering Research*. 2007. Vol. 27. P. 260–264. doi: 10.3103/S1068798X0705005X.
6. Huang Y., Morehead M. Study of Machining-Induced Microstructure Variations of Nanostructured/Ultrafine-Grained Copper Using XRD. *Journal of Engineering Materials and Technology*. 2011. Vol. 133. P. 021007. doi: 10.1115/1.4003105.
7. Rodrigues A.R., Balancin O., Gallego J., De Assis C.L.F., Matsumoto H., De Oliveira F.B., Moreira S.R.D.S., Da Silva Neto O.V. Surface integrity analysis when milling ultrafine-grained steels. *Materials Research*. 2012. Vol. 15. P. 125–130. – doi: 10.1590/S1516-14392011005000094.
8. de Assis C.L.F., Jasinevicius R.G., Rodrigues A.R. Micro end-milling of channels using ultrafine-grained low-carbon steel. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 77. P. 1155–1165. doi: 10.1007/s00170-014-6503-2.
9. Surya Kiran G.V.V., Krishna K.H., Sameer S., Bhargavi M., Kumar B.S., Rao G.M., Naidubabu Y., Dumpala R., Sunil B.R. Machining characteristics of fine grained AZ91 Mg alloy processed by friction stir processing. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2017. Vol. 27. P. 804–811. doi: 10.1016/S1003-6326(17)60092-X.
10. Bayat Asl Y., Meratian M., Emamikhah A., Mokhtari Homami R., Abbasi A. Mechanical properties and machinability of 6061 aluminum alloy produced by equal-channel angular pressing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 2015. Vol. 229. P. 1302–1313. doi: 10.1177/0954405414535921.
11. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Точение. *СТИН*. 2018. № 7. С. 20-24.
12. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Фрезерование. *СТИН*. 2018. № 12. С. 32-35.
13. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Подгорных О.А., Шамарин Н.Н., Воронцов А.В. Влияние равноканального углового прессования на качество поверхности алюминиевого сплава В95 после фрезерования. *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2018. Т. 20. № 4. С. 96-106.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ
КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 08X18H10Г2М2 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ
И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ**

А.В. Филиппов, к.т.н, ст.преп.¹, н.с.², Н.Н. Шамарин, м.н.с.², О.А. Подгорных, зав. лаб.¹

¹ *Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-61

² *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,*

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4, тел. (3822)-49-18-81

E-mail: avf@ispms.ru

Аннотация: В работе рассматривается экспериментальное исследование влияния структурного состояния коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2 на качество её обработки в процессе фрезерования. Рассматривались образцы в исходном состоянии с крупнокристаллической структурой и образцы с ульт-

рамелькозернистой структурой. Для формирования ультрамелькозернистой структуры образцы были подвергнуты интенсивной пластической деформации с привлечением методов прессования и прокатки. После формирования различного структурного состояния образцы фрезеровались и оценивалось качество обработанной поверхности. В результате сравнительных исследований установлено, что формирование ультрамелькозернистой структуры способствует повышению качества обработки коррозионнотстойкой стали 08X18Ni10Г2М2 при фрезеровании, по сравнению с крупнокристаллическими образцами.

Abstract: The paper considers an experimental study of the influence of the structural state of stainless steel 08Cr18Ni10Mn2Cu2 on the quality of its processing in the milling process. Samples in the initial state with a coarse-crystalline structure and samples with an ultrafine-grained structure were considered. For the formation of ultrafine-grained structure, the samples were subjected to severe plastic deformation involving methods of pressing and rolling. After the formation of a different structural state, the samples were milled and the quality of the treated surface was evaluated. As a result of comparative studies, it has been established that the formation of an ultrafine-grained structure contributes to an improvement in the quality of processing of corrosion-resistant steel 08Cr18Ni10Mn2Cu2 during milling, as compared to coarse-crystalline samples.

Ключевые слова: ультрамелькозернистый сплав, коррозионнотстойкая сталь, фрезерование.

Keywords: ultra fine-grained alloy, stainless steel, milling.

Фрезерование является широко распространенной технологической операцией при формообразовании деталей, применяемых в различных промышленных отраслях. Поэтому является актуальной задачей поиск путей повышения производительности, качества и точности обработки данным методом перспективных конструкционных материалов. Коррозионнотстойкие стали используются для производства изделий в химической, пищевой, нефтеперерабатывающей промышленности. Повышение механической прочности и твердости за счет применения методов объемной интенсивной пластической деформации способствует расширению области эффективного применения конструкционных материалов [1]. В свою очередь изменение механических свойств материала путем измельчения зеренной структуры может повлечь за собой изменения в показателях обрабатываемости и качества размерной обработки при формообразовании в процессе резания [2-12]. Коррозионнотстойкие аустенитные и аустенито-ферритные стали в результате интенсивной пластической деформации существенно упрочняются (повышение прочности может достигать четырех и более раз, по сравнению с исходным горячекатаным состоянием заготовок). В связи с этим целью работы является сравнительное экспериментальное исследование качества обработки коррозионнотстойкой стали 08X18Ni10Г2М2 с крупнокристаллической и ультрамелькозернистой структурой, сформированной методами интенсивной пластической деформации.

Исследовались три типа образцов. Первый тип образцов в исходном состоянии (обозначен как исходный), второй – после прессования по трем осям (обозначен как Прессованный), третий после прессования и прокатки (обозначен как Прокатанный). Исходные образцы представляют собой материал, подвергнутый закалке на аустенит. Прессованные образцы получены путем осадки образца по трем координатным осям. Прокатанные образцы получены путем прокатки образцов толщиной 20 мм, полученных после прессования, до квадратного прутка квадратного сечения 10 мм.

В данной статье рассматривается фрезерная обработка пластин толщиной 1,8 мм на обрабатывающем центре с числовым программным обеспечением DMC 635 V ecoline. Частота вращения фрезы составляла 2000 об/мин, подача – 300 мм/мин., глубина резания – 0,5 мм. Использовались концевые фрезы диаметром 10 мм из твердого сплава марки ZCC SM-3E-D10.0 KMG405. В процессе обработки использовалась водосмешиваемая смазочно-охлаждающая жидкость.

Структурные исследования для образцов после интенсивной пластической деформации выполнены методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) при помощи микроскопа JEM-2100 (JEOL Ltd, Japan). Оценка шероховатости поверхности после фрезерной обработки выполнена на лазерном сканирующем микроскопе Olympus OLS LEXT 4100 со специализированным программным обеспечением.

Исходные образцы имеют средний размер зерна порядка 30 мкм. В результате прессования достигнуто ультрамелькозернистое состояние заготовок со средним размером зерна порядка 500 нм, после прокатки также сформирована ультрамелькозернистая структура с минимальным размером зерен порядка 150 нм. После фрезерования на макроскопических изображениях обработанных поверхностей крупнокристаллических и ультрамелькозернистых образцов дефектов не выявлено. В результате микроскопических исследований и оценки шероховатости обработанной поверхности установлены следующие значения параметра Rz: 0,8 у исходного образца, 0,66 у прессованного и 0,54 у прокатанного. Параметра Ra: 0,1 у исходного образца, 0,083 у прессованного образца и 0,081 у проката-

танного образца. Таким образом установлено, что качество обработанной поверхности у образцов с ультрамелкозернистой структурой выше, чем у образцов с крупнокристаллической структурой.

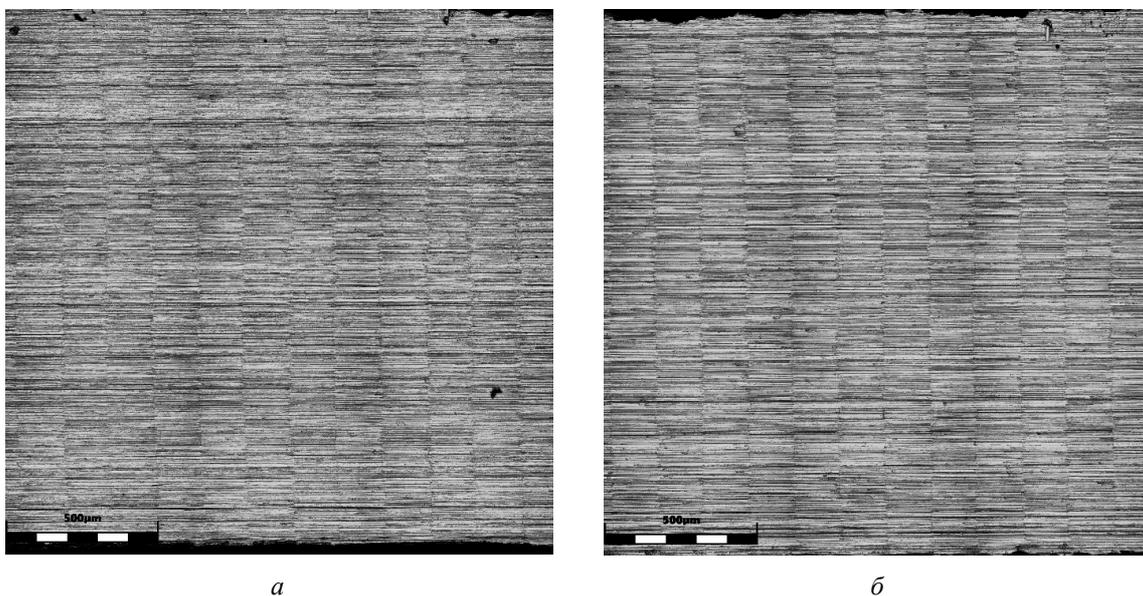


Рис. 1. Изображения обработанных поверхностей крупнокристаллического (а) и ультрамелкозернистого (б) образцов из коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2

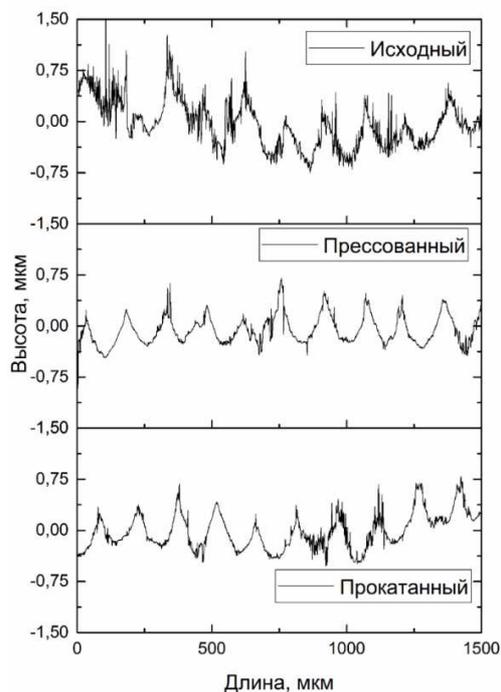


Рис. 2. Профили обработанных поверхностей крупнокристаллических и ультрамелкозернистых образцов из коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2

Выводы

В результате выполненных экспериментальных исследований установлено, что формирование ультрамелкозернистой структуры способствует повышению качества обработки коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2 при фрезеровании, по сравнению с крупнокристаллическими образцами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00058.

Список литературы:

1. Valiev RZ, Kozlov E V., Ivanov YF, Lian J, Nazarov AA, Baudelet B. Deformation behaviour of ultra-fine-grained copper. *Acta Metall Mater* 1994;42:2467–75. doi:10.1016/0956-7151(94)90326-3.
2. Xu J, Li J, Shan D, Guo B. Microstructural evolution and micro/meso-deformation behavior in pure copper processed by equal-channel angular pressing. *Mater Sci Eng A* 2016;664:114–25. doi:10.1016/j.msea.2016.03.016.
3. Ning J. Inverse determination of Johnson – Cook model constants of ultra-fine-grained titanium based on chip formation model and iterative gradient search. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018. doi: 10.1007/s00170-018-2508-6
4. Chertovskikh V. Cuttability of UFG titanium BT1-0 obtained by ECAE. *Russian Engineering Research*. 2007. Vol. 27. P. 260–264. doi: 10.3103/S1068798X0705005X.
5. Huang Y., Morehead M. Study of Machining-Induced Microstructure Variations of Nanostructured/Ultrafine-Grained Copper Using XRD. *Journal of Engineering Materials and Technology*. 2011. Vol. 133. P. 021007. doi: 10.1115/1.4003105.
6. Rodrigues A.R., Balancin O., Gallego J., De Assis C.L.F., Matsumoto H., De Oliveira F.B., Moreira S.R.D.S., Da Silva Neto O.V. Surface integrity analysis when milling ultrafine-grained steels. *Materials Research*. 2012. Vol. 15. P. 125–130. – doi: 10.1590/S1516-14392011005000094.
7. de Assis C.L.F., Jasinevicius R.G., Rodrigues A.R. Micro end-milling of channels using ultrafine-grained low-carbon steel. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 77. P. 1155–1165. doi: 10.1007/s00170-014-6503-2.
8. Surya Kiran G.V.V., Krishna K.H., Sameer S., Bhargavi M., Kumar B.S., Rao G.M., Naidubabu Y., Dumpala R., Sunil B.R. Machining characteristics of fine grained AZ91 Mg alloy processed by friction stir processing. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2017. Vol. 27. P. 804–811. doi: 10.1016/S1003-6326(17)60092-X.
9. Bayat Asl Y., Meratian M., Emamikhah A., Mokhtari Homami R., Abbasi A. Mechanical properties and machinability of 6061 aluminum alloy produced by equal-channel angular pressing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 2015. Vol. 229. P. 1302–1313. doi: 10.1177/0954405414535921.
10. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Точение. *СТИН*. 2018. № 7. С. 20-24.
11. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Фрезерование. *СТИН*. 2018. № 12. С. 32-35.
12. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Подгорных О.А., Шамарин Н.Н., Воронцов А.В. Влияние равноканального углового прессования на качество поверхности алюминиевого сплава В95 после фрезерования. *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2018. Т. 20. № 4. С. 96-106.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

О.В. Захаров, д.т.н., проф., М.Ш. Тамбиев, студ.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, тел. (8452)-99-86-31

E-mail: tms@sstu.ru

Аннотация: на основе анализа современных конструкций комбинированных шлифовальных кругов предложена новая конструкция, которая является эффективной и технологически простой

Abstract: based on the analysis of modern designs of combined grinding wheels, a new design is proposed that is efficient and technologically simple

Ключевые слова: шлифование, шлифовальный круг, комбинированный круг, конструкция, прерывистая поверхность

Keyword: grinding, grinding wheel, combination wheel, construction, intermittent surface

Целесообразно применение комбинированных шлифовальных кругов для обработки заготовок из труднообрабатываемых, жаропрочных, нержавеющих сталей, когда возникает значительная теплонпряженность [1-10]. Наличие у шлифовального круга прерывистой рабочей поверхности позволяет эффективнее отводить тепло из зоны резания, но вместе с тем имеет и определенные недостатки. Во-первых, уменьшается прочность кругов по сравнению с традиционными, что ограничивает скорость резания. Во-вторых, появляется периодически действующая сила, что может привести к возникновению вибраций и снижению качества поверхности обрабатываемой заготовки.

Известные конструкции комбинированных шлифовальных кругов подробно описаны в [1]. Основными элементами для создания прерывистой поверхности служат выточки, прорезы, пазы, насечки, отверстия. Более сложные конструкции являются сборными с сегментными абразивными элементами [11]. По нашему мнению, экономически оправданными будут лишь простые в изготовлении конструкции комбинированных кругов. К таким конструкциям можно отнести [12, 13].

Конструкция шлифовального круга с прерывистой поверхностью [12] содержит абразивный диск с посадочным отверстием и прямолинейные канавки на периферийной поверхности, расположенные под углом к оси вращения круга с постоянным угловым шагом β по торцу диска, равным от 10 до 80°. Угол наклона первой из канавок к оси вращения круга выбран из диапазона от 10 до 80°, а угол наклона каждой последующей канавки по отношению к углу наклона предыдущей канавки выбирается по формуле:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + (0,1 \div 0,2)\alpha_i,$$

где α_i – угол наклона предыдущей канавки к оси вращения круга; α_{i+1} – угол наклона следующей канавки к оси вращения круга.

Прерывистость режущей поверхности шлифовального круга создает благоприятные условия для подвода смазочно-охлаждающей жидкости и отвода отходов при обработке. При этом снижается температура в зоне резания. В результате повышаются режущие свойства круга и улучшается качество обработанной поверхности.

Другой известной конструкцией будет шлифовальный круг с прерывистой периферийной поверхностью [13]. На периферийной поверхности круга выполнены прямолинейные канавки, расположенные параллельно друг другу под углом к оси вращения. Отличие заключается в том, что окончания соседних канавок по противоположным сторонам периферийной поверхности расположены на одном уровне с взаимным перекрытием на половину величины ширины канавки, а для обеспечения взаимного перекрытия угол наклона канавок к оси вращения круга выбирается из условия:

$$\alpha = \frac{\pi D \beta - 180k}{360B},$$

где α – угол наклона канавки к оси круга, градус; D – наружный диаметр круга, мм; β – окружной шаг канавок, градус; k – ширина канавки, мм; B – высота круга, мм.

Недостаток известного устройства заключается в том, что при различных углах наклона канавок и их угловом шаге в указанных диапазонах на рабочей периферийной поверхности круга в зоне резания может находиться одна, две или ни одной канавки. Поэтому создаются различные условия шлифования по периферии круга, в результате чего он неравномерно изнашивается и теряет точность формы. Требуется частая правка круга, что существенно уменьшает его размерную стойкость.

Поэтому была поставлена задача повысить равномерность работы и стойкость шлифовального круга. Для этого разработана конструкция комбинированного круга, показанная на рис. 1.

Шлифовальный круг с прерывистой поверхностью содержит абразивный диск 1 с посадочным отверстием 2. На периферийной поверхности диска выполнены прямолинейные канавки 3, расположенные с постоянным угловым шагом β по торцу диска 1 и под углом α к оси 4 вращения круга (рис.1). Абразивный диск 1 имеет наружный диаметр D и высоту B . Угловой шаг канавок 3 характеризуется углом β , равным от 10 до 80°.

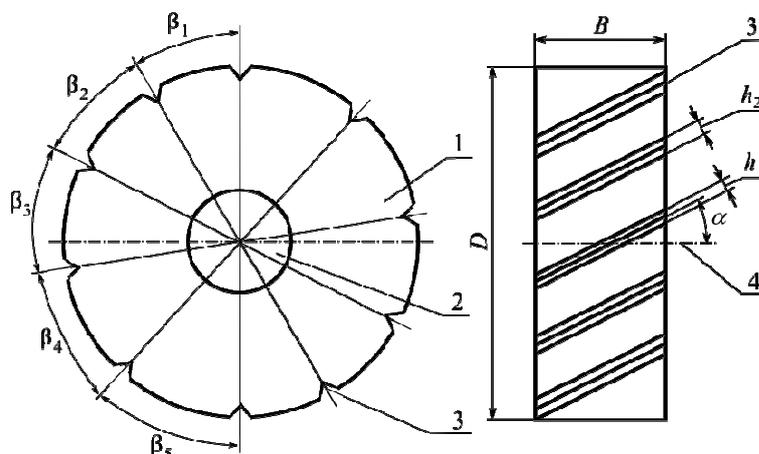


Рис. 1. Конструкция комбинированного шлифовального круга

Угол наклона α_{i+1} каждой последующей канавки по отношению к углу наклона α_i предыдущей канавки выбран из условия:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + (0,1 \div 0,2)\alpha_i,$$

где α_i – угол наклона предыдущей канавки к оси вращения круга; α_{i+1} – угол наклона следующей канавки к оси вращения круга.

Для больших диаметров D шлифовальных кругов на одной полуокружности периферии угол наклона α_{i+1} к оси вращения круга каждой последующей канавки по отношению к углу α_i предыдущей канавки увеличивают, а на другой полуокружности периферии угол α уменьшают на ту же величину из условия:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + (0,1 \div 0,2)\alpha_i.$$

Выбор изменения угла α наклона канавки к оси вращения круга из диапазона $0,1 \div 0,2$ производят по соотношению диаметра D шлифовального круга к его высоте B . Для соотношения $B/D \leq 0,2$ выбирают значение $0,1$, а для соотношения $B/D > 0,2$ – значение $0,2$. В указанном диапазоне $0,1 \div 0,2$ обеспечиваются наилучшие условия для погашения периодических колебаний силы резания.

Предложенная конструкция комбинированного шлифовального круга обеспечивает повышение равномерности обработки за счет постоянства площади контакта с обрабатываемым изделием в зоне резания и одновременно повышение стойкости за счет равномерного износа по периферийной поверхности. Данная конструкция сравнительно простая в технологии изготовления, поэтому экономически эффективная.

Список литературы:

1. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник / под ред. А. Н. Резникова. М.: Машиностроение, 1977. 391 с.
2. Зависимость формы и погрешности профиля деталей от характеристики абразивного инструмента и величины его перебега / А.Н. Васин, Б.М. Изнаиров, О.Ю. Давиденко, О.П. Решетникова, В.В. Иванов и др. // СТИН. 2017. № 6. С. 32-34.
3. Коррозионная стойкость деталей из легированных сталей после магнитно-абразивной обработки / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев, В.В. Шабуня, С.К. Дубновицкий // Вестник Полоцкого государственного университета. 2018. № 11. С. 45-50.
4. Салов П.М., Виноградова Т.Г., Салова Д.П. Анализ температурной ситуации при внутреннем шлифовании ответственным шлифовании // Технология машиностроения. 2011. № 5. С. 10-13.

5. Шрубченко И.В. Повышение технологичности обработки крупногабаритных составных бандажей за счет минимизации необходимого припуска: монография / И.В. Шрубченко, И.И. Кузнецова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 104 с.
6. Фомин А.А. Обеспечение микрогеометрии поверхностей при обработке заготовок с неоднородными свойствами / А.А. Фомин // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2012. № 12 С. 27-29.
7. Захаров О.В. Бесцентровое шлифование конических поверхностей на станках с продольной подачей // Автоматизация и современные технологии. 2006. № 7. С. 14-16.
8. Захаров О.В. Управление точностью бесцентрового шлифования статистическими методами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 9. С. 32-35.
9. Захаров О.В., Челпанов И.Б. Устойчивость бесцентрового шлифования с продольной подачей по силовым параметрам // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 11. С. 9-11.
10. Захаров О.В. Расчет ведущих кругов бесцентровых шлифовальных станков // Вестник машиностроения. 2009. № 4. С. 77-80.
11. Худобин Л.В., Веткасов Н.И., Коршунов Д.А. Эффективность внутреннего шлифования композиционными шлифовальными кругами // Вестник машиностроения. 2003. № 7. С. 44-47.
12. Пат. RU № 136757 МПК В24 D5/02, В24 D5/10. Шлифовальный круг с прерывистой периферийной поверхностью / Б.М. Бржозовский, О.В. Захаров, Е.С. Плешакова // БИ. 2014. Оpubл. 20.01.2014.
13. Пат. RU № 149877 МПК В24 D5/02, В24 D5/10. Шлифовальный круг с прерывистой поверхностью / П.Ю. Бочкарев, О.В. Захаров, В.В. Шалунов, Е.П. Решетникова, П.В. Вадивасов. Оpubл. 16.12.2014.

РАЗРАБОТКА АНАЛОГА УПЛОТНИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ШАРОВОГО КРАНА

*Г.Я. Мусафирова, к.т.н., доцент, Л.В. Якимчик, магистрант
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
230023, г.Гродно ул. Ожешко 22, тел. +375152- 68-41-09
E-mail: musafirova_gy@grsu.by*

Аннотация: описаны испытания оригинального резинового уплотнителя марки «7В-14» и аналогичного ему по твердости и прочности двухкомпонентного литьевого полиуретана «Formo Gum 60». Образцы исследованы на стойкость к агрессивным средам, водопоглощение, эластичность по отскоку.

Таким образом, по результатам исследований двухкомпонентный литьевой полиуретан марки «Formo Gum 60» может быть использован в качестве уплотнительного материала для запорной арматуры в постполимеризованном состоянии и по своим техническим характеристикам соответствует требованиям, предъявляемым к уплотнителям.

Abstract: The ability to test the original rubber seal brand «7В-14» and similar to the hardness and strength of a two-component molding polyurethane «Formo Gum 60». Studies show that resistance to aggressive environments, water absorption, elasticity. Thus, according to the results of studies of two-component molded polyurethane, the «Form Gum 60» mark can be used as a sealing material for valves in the postpolymerized state and, according to their technical characteristics, comply with the requirements imposed on sealants.

Ключевые слова: вулканизированная резиновая смесь, двухкомпонентный литьевой полиуретан, уплотнитель, шаровой кран, твёрдость по Шору, водопоглощение, эластичность, предел прочности на разрыв, маслобензостойкость.

Keyword: vulcanized rubber compound, two-component molded polyurethane, gasket, ball valve, Shore hardness, water absorption, elasticity, tensile strength, oil and petrol resistance.

Материалами уплотнения для шарового крана служат резины, обладающие маслобензостойкими свойствами. Уплотнительный материал в процессе эксплуатации шарового фланцевого крана находится в напряженно-деформированном состоянии, испытывая как постоянные, так и переменные нагрузки, что приводит к нарушению герметичности соединения и потере работоспособности запорного устройства. Следует также отметить, что нарушение герметичности резиновых прокладок является основной эксплуатационной причиной полного отказа запорной арматуры. При этом необходимо учесть, что минимальная расчетная температура окружающей среды, при которой эксплуатируется кран шаровой фланцевый составляет -60°C , а максимальная $+120^{\circ}\text{C}$ [1-4]. Рассмотренные условия эксплуатации шарового фланцевого крана необходимо учесть при выборе эффективного уплотнителя. Уплотнение выполняется в форме упругодеформируемого кольца, установленного в посадочное отверстие, контактирующего с шаровой пробкой. Основное требование, предъявляемое к уп-

лотнительному материалу: обеспечить плавное распределение усилия, воздействующего на уплотнение со стороны шарового затвора и штока [4-6].

В ходе исследований были проведены испытания образцов материала резинового уплотнителя и уплотнителя, изготовленного из двухкомпонентного литьевого полиуретана «Formo Gum 60».

Полиуретаны отличает уникальное сочетание хороших физико-механических показателей с высоким сопротивлением истиранию, маслбензостойкостью и другими специальными свойствами. Высокая эластичность полиуретановых эластомеров обусловлена их особой молекулярной структурой, которая имеет вид молекулярных цепей, соединенных через определенные промежутки боковыми цепями, значительно более длинными, чем в других эластомерах [6].

Высокая износостойкость полиуретана объясняется тем, что при критических режимах происходит перестройка структуры его поверхностного слоя, в результате которой молекулярная подвижность цепей в поверхностных слоях превышает объемную. Подвижной структурной сеткой объясняется также способность полиуретана к самозалечиванию дефектов при деформации — этому способствует быстрое установление равновесной структуры, соответствующей деформированному состоянию материала. Это отличает полиуретан от других эластомеров, в которых при чрезмерной деформации молекулярных цепей происходит разрушение [6].

Материалы образцов:

14. Вулканизированная резиновая смесь «7В-14» (ТУ 2512-039-05766882-2003).

15. Двухкомпонентный литевой полиуретан «Formo Gum 60».

При анализе повреждений резинового уплотнителя было выявлено, что характеристики герметичности отмечаются при использовании «мягких» уплотнителей, изготовленных из полимерных материалов. В связи с чем материал «Formo Gum 60» был выбран аналогичной твердости относительно оригинального образца.

Заявленные характеристики материалов образцов представлены в таблице 1 [1-9].

Уплотнитель из резиновой смеси «7В-14» изготовлен формованием в стальной форме и последующей вулканизацией в прессах с помощью пресс-форм [6].

Уплотнитель-аналог из двухкомпонентного полиуретана «Formo Gum 60» был изготовлен в лабораторных условиях смешиванием полиола и изоцианата в соотношении 1:1 до однородного состояния в течение 1-2 минут и полимеризацией в течение 24 часов при температуре 20°C.

Испытания исследуемых образцов.

Проверка исследуемых образцов на стойкость к действию агрессивных сред.

Уплотнитель должен быть стойким к действию рабочей среды в течение заявленного срока хранения и эксплуатации в интервале температур и давлений рабочей среды. Для испытания исследуемых образцов предварительно взвешенные образцы с размерами 60x40x1 мм погружали в техническое масло и выдерживали в течение 3 суток. Контрольные замеры массы, изменения размеров и визуальная оценка образцов проводили через 15 минут, 45 минут, 3 часа, 6 часов, 12 часов, 24 часов, 48 часов и 36 часов от начала испытаний.

Таблица 1

Заявленные характеристики материалов образцов

Характеристики образцов	7В-14	Formo Gum 60
Твёрдость по Шору А (ед.)	35-65	60
Прочность (МПа)	6	5,85
Пределы рабочих температур (°С)	-30/+100	-60/+120
Относительное удлинение (%)	160	600
Водопоглощение (%) ГОСТ 4650-80	2,3-2,5	2
Маслбензостойкость	Высокая	

Проведенные исследования показали, что в течение испытаний на стойкость к действию агрессивных сред в исследуемых образцах не наблюдали внешних изменений и изменений их массы, что подтверждает их маслбензостойкость (Таблица 1).

Испытание №2 – Исследование твердости и эластичности исследуемых образцов.

Для проведения испытаний по измерению твердости и эластичности применяли измеритель ИПМ-1К.

Измеритель ИПМ-1К выпускают по ТУ ВУ 100289280.021 – 2010 и предназначен для оценки физико-механических свойств материалов в образцах и изделиях [4].

Измеритель ИПМ-1К позволяет оценить такие свойства как: твёрдость по Шору (ГОСТ 263-75) – способность материала сопротивляться проникновению в него инородного тела при статическом вдавливании; твёрдость в международных единицах IRHD (ГОСТ 20403-75); эластичность по отскоку (ГОСТ 27110-86) – отношение возвращённой энергии к энергии, затраченной на деформацию образца при ударе, выраженной в процентах; статический модуль упругости – способность материала упруго деформироваться при приложении статической нагрузки; тангенс угла механических потерь – отношение модуля потерь (сопротивление тела деформированию) к модулю упругости [4-9].

Испытание каждого образца проводили не менее 3 раз и поскольку существенного разброса полученных значений по исследуемым показателям не наблюдали, вычисляли их среднее значение, данные которых привели в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний на твёрдость и эластичность исследуемых материалов			
Характеристика	Ед. измерения	7В-14	Formo Gum 60
Твёрдость по Шору А	Ед.	73,1	60,6
Твёрдость IRHD	Ед.	66,9	56,6
Эластичность по отскоку	%	19,9	52,1
Статический модуль упругости	МПа	4,7	3,13
Тангенс угла механических потерь	Град.	0,208	0,078

По результатам испытаний и анализу данных таблицы 2 следует отметить высокое значение показателя эластичность по отскоку образцов «Formo Gum 60» – 52,1%, что на 61% выше анализируемого показателя уплотнительных материалов из вулканизированной резиновой смеси «7В-14». Полученное значение повышенной эластичности образцов «Formo Gum 60» в совокупности с достаточно высоким значением твёрдости по Шору, характеризует его как эластомер с высокой износостойкостью. Это подтверждает, что он с наибольшей вероятностью подойдет в качестве материала для уплотнителя.

Таким образом, по результатам исследований двухкомпонентный литьевой полиуретан марки «Formo Gum 60» может быть использован в качестве уплотнительного материала для запорной арматуры в постполимеризованном состоянии и по своим техническим характеристикам соответствует требованиям, предъявляемым к уплотнителям.

Список литературы:

- Интернет портал [Электронный ресурс]/ <http://formodel.by/> –Formodel.by, 2017. – Режим доступа: http://formodel.by/poliuretan/poliuretan_dlja_izgotovlenija_zhestkih_form.html. (дата обращения 14.12.2018).
- Интернет портал [Электронный ресурс]/ <http://www.ecorti.ru/> – ООО "ЭКОРТИ-ХОЛДИНГ", 2018. – Режим доступа: <http://www.ecorti.ru/documentation/sdf> (дата обращения 11.01.2019).
- Интернет портал [Электронный ресурс]/ <https://techautoport.ru/> – Techautoport, 2018. – Режим доступа: http://www.lab-tech.ru/shop/mashiny_razryvnye/s_nagruzkojj_do_5_tonn/mashina_razryvnaya_ir-5047-50__5000_kgs_/(дата обращения 12.02.2019).
- Интернет портал [Электронный ресурс]/ <http://gazkvs.by/> – УП “Газкотловодснаб”, 2016 – Режим доступа: http://gazkvs.by/index.phpmod=produce_items_list&id_cat_prec=60/ (дата обращения 01.03.2019).
- Мусафирова Г.Я. Оценка эксплуатационных характеристик перлитобетона модифицированного гидроизоляционным составом // Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. участников X Междунар. научно-практич. конференции, Белово, 17-18 марта 2017 г. Ч. 1. – Белово; Велико Тырново: [Б. и.]. 2017. – С.118-121.
- Сутягин В.М. Основные свойства полимеров: учебное пособие / В. М. Сутягин, О. С. Кукурина., В. Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 96 с.
- Грушевская Е.Н. Композиционные материалы на основе минеральных вяжущих, модифицированных добавками вторичных полимеров / Е.Н. Грушевская, Г.Я. Мусафирова, С.В. Максимович // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: сб. науч. ст. XIX междунар. науч.–метод. семинара, Брест, 23–25 окт. 2014 г. – Брест: БрГТУ, 2014. – С. 39–43.

8. Мусафирова Г.Я., Клеи, шпатлёвки, замазки на основе вторичного полистирола, отходов пенополистирола / Г.Я. Мусафирова, Я.Я. Вербишук // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого // Т.2. 2010 – С. 43-48.
9. Зершиков К.Ю., Семенов Ю.В., Кузахметова Е.К. Материалы серии «Констафтор» для уплотнений шаровых кранов // Арматуростроение. 2014. №4/91. – С. 52–56.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ МИКРОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ZR-SI-O ПРИ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИИ

М. С. Дорофеева¹, студ., Т. И. Дорофеева², к.х.н., н.с., В.П. Сергеев² д.т.н., зав.лаб.

¹Томский государственный университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

634021, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: dorofeevatomsk@gmail.com

Аннотация: В этой работе описан способ формирования оксидного керамического покрытия на основе ZrO₂. Покрытие формируется последовательно слоями на медной подложке. Для осаждения металлических слоев используют два различных метода: дуговое осаждение и магнетронное осаждение. При помощи микроплазменного оксидирования последний металлический слой преобразуется в оксид. В результате на поверхности формируется наноструктурное микроплазменное покрытие. Исследована морфология и элементный состав данных покрытий с помощью растрового электронного микроскопа с приставкой для элементного анализа. Определена термоциклическая стойкость покрытий. Описаны особенности разрушения покрытий при термоциклическом нагружении.

Abstract: A method of forming an oxide ceramic coating based on ZrO₂ was described in this paper. The layer coatings are formed on a copper substrate step by step. Two different methods (arc deposition and magnetron deposition) are used for deposition of metal layers. The last metal layer is converted into oxide ceramic coating by microplasma oxidation. A nanostructured microplasma coating is formed on the zirconium surface. The morphology and elemental composition of these coatings by scanning electron microscope with a prefix for elemental analysis were studied. Thermocyclic resistance of coatings is determined. The specificity of destruction of coatings under thermocyclic loading are described.

Ключевые слова: Микроплазменное оксидирование, оксидно-керамическое покрытие, термобарьерные покрытия, магнетронное напыление, вакуумно-дуговое осаждение, оксид циркония.

Keyword: Microplasma oxidation, oxide ceramic coating, thermal barrier coatings, magnetron sputtering, vacuum arc deposition, zirconium oxide.

В настоящее время существует необходимость увеличения срока материалов в промышленности. Одним из вариантов достижения требуемой цели является осаждение теплозащитных покрытий на внутренние полости двигателей [1]. В качестве такого термобарьерного покрытия возможно применение диоксида циркония, в связи с тем, что циркониевая керамика занимает ведущее место среди огнеупорных конструкционных материалов [2]. Диоксид циркония сохраняет высокие механические свойства до температуры 3173К [3]. Существует множество способов формирования термобарьерных покрытий: химический [4], метод плазменного напыления [5,6], вакуумно-дуговое осаждение [7], золь-гель технологию и т.д. Эти технологии осаждения покрытий могут применяться отдельно или в комбинации. Именно комбинация известных методов (магнетронное осаждение [8], вакуумно-дуговое напыление [9] и микроплазменное оксидирование [10]) позволила нам получить покрытия нужного качества в данной работе. Основным методом в нашей работе являлся метод микроплазменного оксидирования, который позволяет формировать на поверхности оксидные керамические покрытия с повышенными эксплуатационными характеристиками при изменении электрических параметров системы in situ [10].

Целью работы являлось изучение возможностей увеличения термоциклической стойкости покрытий на основе ZrO₂ путем оптимизации режимов микроплазменной обработки, посредством анализа поведения термоциклического разрушения покрытия в зависимости от условий формирования покрытий.

В качестве подложки – пластины меди с размерами 20×30×2 мм. Предварительно образцы меди полировали, далее следовало послойное осаждение металлических и оксидных покрытий. Первоначально на медь осаждали титан вакуумно-дуговым методом, далее цирконий напыляли магнетронным методом на вакуумной установке “Квант”, толщина титана около 60мкм, циркония – 40мкм. Заключительной обработкой образцов являлось микроплазменное оксидирование в растворе силикатного натрия.

Вследствие этого на поверхности образовывалось оксидно-керамическое покрытие, состоящее преимущественно из диоксида циркония с небольшим включением оксида кремния из раствора электролита.

После микроплазменной обработки формируются гладкие равномерные покрытия светло-серого цвета. Время микроплазменного процесса не влияет на цвет и равномерность покрытия. Толщина покрытия 54,7 мкм и 58,2 мкм соответственно при времени микроплазменной обработки 6 и 10 мин. Дальнейшее увеличение времени обработки приводит к появлению силикатных образований на поверхности, толщина покрытия почти не изменяется.

На поверхности формируются пористые оксидные керамические покрытия с размерами пор около 1 мкм (рис. 1). Количество пор и размеры пор уменьшаются при увеличении времени микроплазменного процесса до 10 минут.

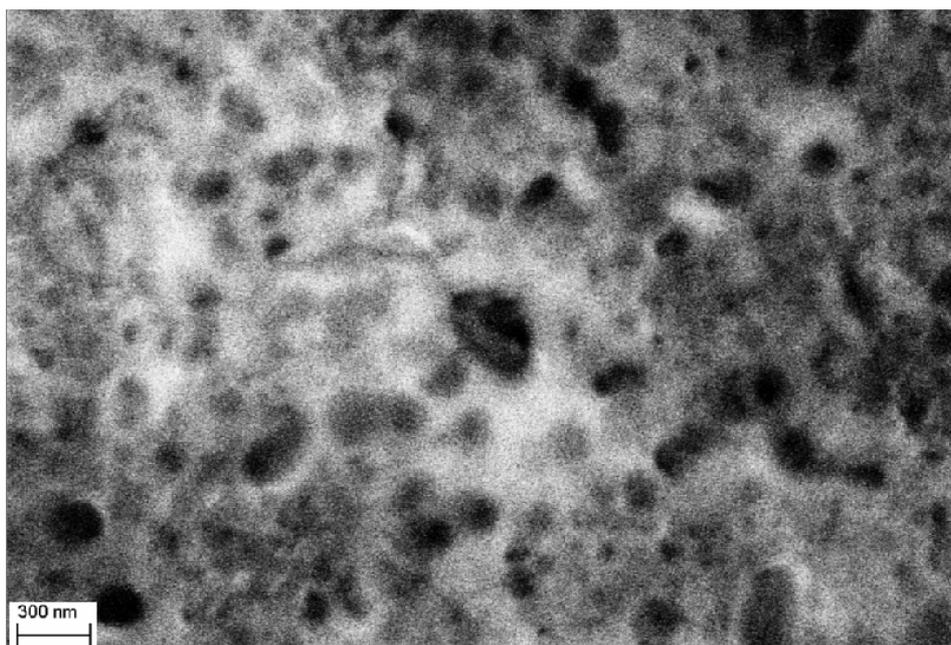


Рис. 1. Морфология поверхности оксидно-керамического микроплазменного покрытия, электронный сканирующий микроскоп. Время обработки 10 минут

Основным структурным оксидом является диоксид циркония тетрагональной модификации – около 73% (данные рентгено-спектрального анализа, полученные с помощью дифрактометра ДРОН-7), остальное диоксид циркония в моноклинной модификации и незначительное количество оксида кремния.

С увеличением времени обработки возрастает количество атомов элементов, входящих в состав покрытия из раствора, а именно оксида кремния (данные элементного анализа на сканирующем электронном микроскопе LEO EVO-50XVP). Т.е. в состав покрытия наряду с диоксидом циркония входят соединения кремния (до 12 %), соединения титана в поверхностном слое не диагностируются, что свидетельствует об отсутствии пробоя пленки напыленного циркония в период микроплазменного оксидирования

Стойкость покрытий к растрескиванию и отслоению при смене температур определяли по результатам термоциклирования образцов при следующих режимах: печной нагрев образца со скоростью 20 град/сек до 1000 °С, выдержка при этой температуре в течении 1 минуты, принудительное охлаждение со скоростью 20 град/сек до комнатной температуры, проведение фотосъемки поверхности образца со стороны покрытия при помощи специальной фотокамеры Microscope DCM500 на оптическом микроскопе BMG-160, данные с которой фиксировались непосредственно в компьютере, и далее вновь нагрев образца. Длительность цикла составляла 5 мин. Испытания прекращались, когда отслаивалось около 50% покрытия. Количество циклов, которое выдерживали покрытия в ходе этих испытаний, принималось за величину их термоциклической стойкости (ТЦС).

На рисунке 2 представлены фотографии поверхности образцов в натуральную величину. Верхняя часть образца подвергалась микроплазменной обработке в течение 6 минут, нижняя в течение 10 минут (граница раздела по времени – белая полоса на фотографии). Как видно из термоцикли-

ческих испытаний, время микроплазменной обработки влияет на стойкость покрытия к термоциклическим нагрузкам, т.е. чем больше время, тем устойчивее покрытие. Кроме того, замечено некоторое уникальное свойство покрытия, проявляющееся при термоциклировании. А, именно, появившиеся небольшие участки меди при дальнейшем термоциклировании начинают зарастиваться, полностью блокируя медь. Этот процесс имеет место до появления значительных по площади участков меди. Возможно, подобное зарастивание связано с термическим расширением имеющихся на поверхности оксидов циркония, вследствие фазовых переходов – от тетрагональной к моноклинной. Подложка сильно деформируется при термических испытаниях, что также накладывает негативное влияние на сплошность и целостность покрытия. Несмотря на вышеперечисленное, по результатам термоциклических испытаний полученное слоистое покрытие выдержало 95 циклов, сохранив более 50% (рис.2).

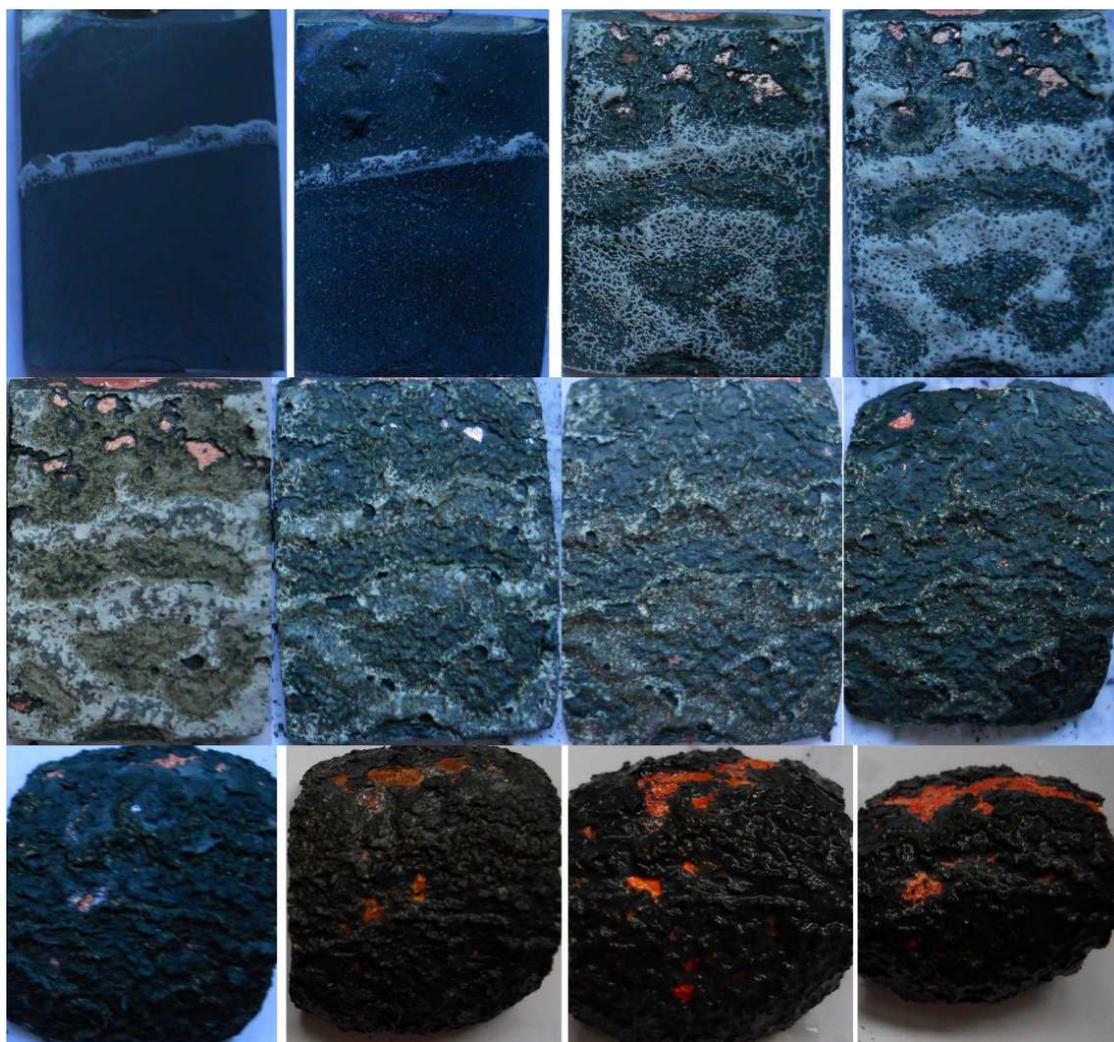


Рис.2. Фотографии поверхности образца с оксидным покрытием после термоциклических испытаний; оптическая микроскопия (циклы: 0, 5, 8, 10, 15, 30, 44, 59, 70, 80, 90, 95)

Фотографии поверхности после термоциклических испытаний представлены на рисунке, где отражена часть оставшегося покрытия на поверхности, а также его объемная структура.

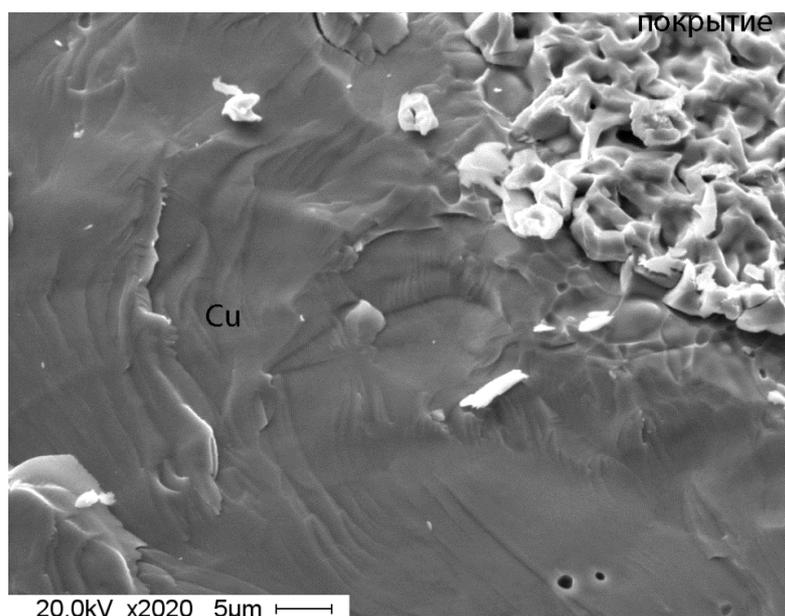


Рис.3. Морфология поверхности образца после термоциклических испытаний (95 циклов)

Была проведена ИК-спектроскопия оставшегося на поверхности покрытия, показавшая наличие ряда оксидов (рисунок). Из спектра видно что в покрытии присутствует ZrO_2 (1101,1 см-1), CuO (592,1см-1) Cu_2O (510,9см-1), а так же TiO_2 (791,9 см-1).

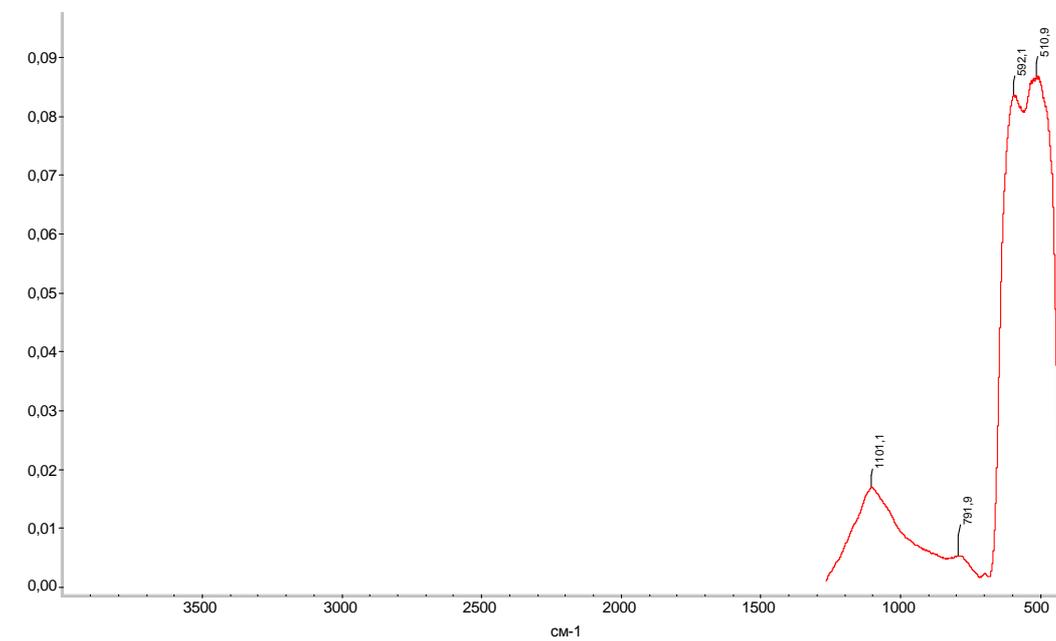


Рис.4. ИК- спектр покрытия образца

Таким образом, получены слоистые оксидно-керамические покрытия комбинацией известных методов обработки (ионно-плазменная технология, вакуумно-дуговое напыление, магнетронное осаждение и микроплазменное оксидирование). В ходе проведения термоциклических испытаний обнаружено, что процесс разрушения покрытий сопровождается зарастиванием обнажившейся поверхности, что увеличивает число циклов, которые может выдержать покрытие, причем с увеличением времени микроплазменной обработки процесс разрушения начинается только после 60-го цикла. В целом, подобные покрытия характеризуются высокой адгезией, и могут выдержать более 95 циклов

термоциклирования без существенных разрушений и отслаивания. Такие термобарьерные покрытия могут быть применимы в промышленности.

Список литературы:

1. Володин А.Ю., Заруба Д.С., Величко Н.В. Способ электролитно-плазменной обработки внутренних пространственно-сложных поверхностей различной кривизны корпусных деталей центробежных насосов ЖРД // Решетневские чтения: материалы XX Междунар. науч. конф. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск. 2016 Т. 1, с 549 – 550;
2. American Ceramic Society 2009 Progress in Thermal Barrier Coatings (New Jersey: John Wiley and Sons) p 628.
3. Torben Fiedler, Martin Bäker, Joachim Rösler // Surface and Coatings Technology. 332 (2017)30–39;
4. V.G. Varanasi, T.M. Besmann, E.A. Payzant, B.A. Pint, J.L. Lothian, T.J. Anderson // Materials Science and Engineering A 528 (2011) 978–985;
5. Hiroyuki Wakia, Akira Kobayashib // Vacuum 83(1) (2008) 171-174;
6. Drexler J.M., Shinoda K., Ortiz A.L., Li D., Vasiliev A.L., Gledhill A.D., Sampath S., Padture N.P. // Acta Materialia V 58(20) (2010) 6835-6844;
7. Rumi Kitazawa, Hideki Kakisawa, Yutaka Kagawa // Surface and Coatings Technology 238 (2014) 68-74
8. J.G. Jones, C. Muratore, A.R. Waite, A.A. Voevodin // Surface and Coatings Technology 201 (2006) 4040–4045;
9. Fedorischeva M.V., Kalashnikov M.P., Sergeev V.P., Neufeld V.V. //Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics 78(8) (2014) 710–712;
10. Mamaev A.I., Borikov V.N., Mamaeva V.A., Dorofeeva T.I. //Protection of Metals 41 (2005)254 – 258.

**СТАРТОВОЕ УСТРОЙСТВО ГЕОХОДА. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ,
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

А.В. Коперчук, к.т.н., доцент,

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)7-77-63
E-mail: avkop@tpi.ru*

Аннотация: В статье сформулированы требования к стартовому устройству геохода. Приведены некоторые результаты испытаний.

Abstract: The article formulates the requirements for the starting device of geokhod. Some test results are given.

Ключевые слова: геоход, стартовое устройство, требования к конструкции, результаты испытания.

Keywords: geokhod, starting device, design requirements, test results.

Исходя из принципа движения геохода в геосреде [1] требуется формулировка дополнительных требований к стартовому устройству геохода, отличных от требований к конструкциям стартовых устройств современных проходческих щитов [2]:

- наличие элементов, исключаяющих поворот хвостовой секции на стартовой установке при внедрении в массив головной секции;
- наличие винтовых каналов для создания напорного усилия от внешнего движителя (при самостоятельном движении геохода по стартовому устройству) или свободного пространства для размещения внешнего движителя при вращении головной секции (при использовании принципа вдавливания в массив);
- обеспечение возможности согласования вращательного движения головной секции с поступательным движением геохода (при использовании принципа вдавливания в массив) [3].

Варианты схемных решений стартового устройства геохода рассмотрены в работе [4]. После оценки преимуществ схемных решений, анализа производственных возможностей предприятий-партнеров был реализован представленный на рис.1 вариант.

Преимущества данного решения:

- не требуется изготовление сложной системы винтовых и продольных каналов;
- существует возможность повторного старта геохода в случае обрыва части массива с нарезанной винтовой линией;
- имеется возможность извлечения геохода из выработки с помощью домкратов;

- возможность многократного применения.
- Недостатки:
- наличие дополнительного устройства, подающего геолод на забой;
 - необходимость синхронизации вращения геолода с подачей на забой.

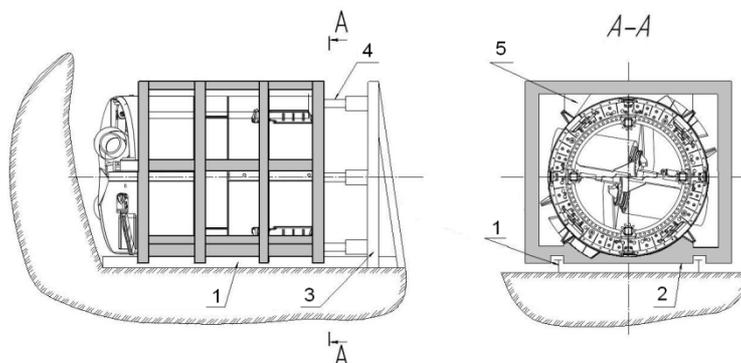


Рис.1. Стартовое устройство, вдавливающее геолод в массив с помощью домкратов при вращающейся головной секции
 1 - направляющие; 2 - подвижная рама; 3 - неподвижная рама; 4 - домкраты; 5 - опоры для элементов противовращения

Стартовое устройство функционирует следующим образом. Геолод размещается на подвижной раме 2 консольно для беспрепятственного вращения головной секции с расположенными на ней внешними двигателями. Вращение хвостовой секции исключается опорами 5 для элементов противовращения. В момент старта геолод движется поступательно вместе с рамой 2 по направляющим 1 за счет выдвигания домкратов 4, размещенных на неподвижной раме 3. После упора подвижной рамы в массив геолод движется по раме. Воздействие домкратов продолжается до полного хода в массив элементов противовращения.

Подача геолода на забой при старте может осуществляться как с помощью гидравлики, так и с помощью механического привода, оснащенного устройствами плавного пуска и защиты привода (например, гидромуфтами [5-7]). Вариант с гидравликой более предпочтителен, т.к. трансмиссия геолода гидравлическая [8-11], а также из-за простоты конструкции, возможности создания больших напорных усилий и возможности регулирования скорости перемещения штока.

Конструкция стартового устройства геолода приведена на рис. 2.

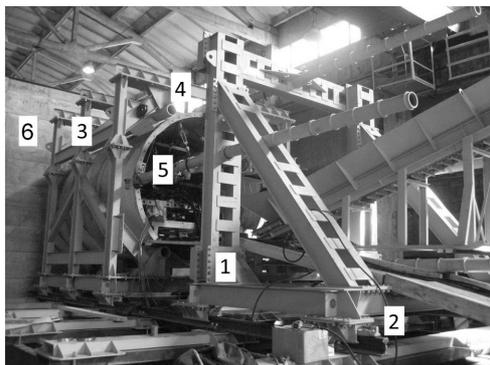


Рис. 2. Геолод на стартовой установке
 1 – упор; 2 – направляющие; 3 – подвижная рама; 4 – опоры для элементов противовращения; 5 - домкраты; 6 - технологический блок

При проведении испытаний контроль синхронизации вращательного движения головной секции геолода с подачей на забой от домкратов стартового устройства осуществлялся по совпадению отметки от луча неподвижного лазера с винтовой линией, нанесенной на оболочке головной секции

геохода. Шаг винтовой линии был равен шагу внешнего движителя геохода. Домкраты стартовой установки управлялись вручную, т.к. расход рабочей жидкости для гидросистем трансмиссии превышает расход для домкратов стартового устройства в 21 раз, что не позволяет реализовать деление потока через серийный делитель [12].

Обстоятельством, осложнившим синхронизацию движений при старте геохода, оказалась крепость бетонного технологического блока, имитирующего горный массив (рис.2). Уточним, что в технических требованиях к геоходу крепость пород должна быть в диапазоне 1...5 единиц по шкале проф. М.М. Протоdjяконова. Измеренная прибором ПОС-50МГ4 «Скол» №316 фактическая средняя прочность бетона составила 37,4 МПа, однако прочность наполнителя бетона (щебня) была равна 120 МПа. Проверка коэффициента крепости материала технологического блока, проведенная специалистами Юргинского технологического института по ГОСТ 21153.1-75 «Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протоdjяконову» [13], показала значение 6,2.

Повышенная крепость технологического блока затруднила синхронизацию подачи на забой от домкратов стартового устройства с вращательным движением головной секции геохода. Увеличение усилия от домкратов стартового устройства до 478,6 кН привело к повреждению кронштейна крепления исполнительного органа главного забоя и приостановке испытаний для проведения ремонтных работ.

Дальнейшие испытания проводились с измененной методикой старта (рис. 3, верхняя часть подвижной рамы не показана).

Геоходом с демонтированными внешними движителями в технологическом блоке было выполнено входное отверстие на глубину около 2 м. Напорное усилие создавалось домкратами стартового устройства (рис.3а).

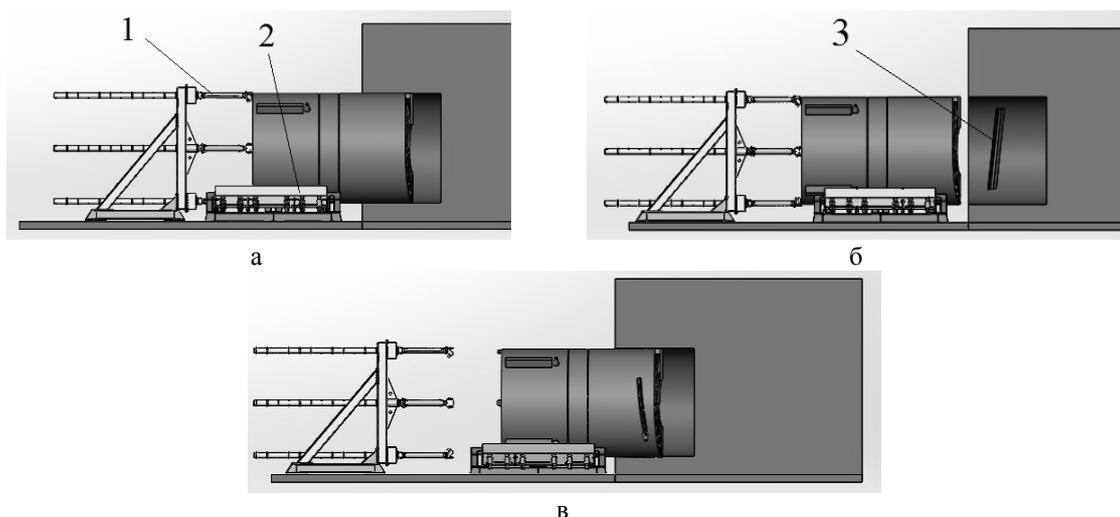


Рис. 3. Этапы старта на СУ с возможностью предварительной подготовки выработки
1 - гидравлические домкраты стартового устройства; 2 - подвижная рама;
3 - элементы винтовых каналов

Затем, геоход был извлечен из выработки, и на боковой поверхности выработки были размечены и выполнены полости для размещения внешних движителей (рис.3б). Следующими операциями стали размещение геохода в выработке и установка на штатное место внешних движителей. В результате, синхронизация вращательного движения головной секции геохода с подачей на забой при старте была реализована за счет конструктивных особенностей геохода (рис.3в), и геоход в штатном режиме прошел расстояние 0,5 м вдоль оси выработки.

Испытания показали, что стартовое устройство выполняет свои функции, однако были выявлены определенные недостатки:

- излишняя металлоёмкость;
- избыточное количество домкратов на неподвижной раме;
- недостаточно надежная фиксация подвижной рамы на направляющих;

- недостаточная фиксация корпуса геохода на подвижной раме от радиальных смещений при врезании в технологический блок;
- сложность синхронизации вращательного движения головной секции геохода с подачей на забой при ручном режиме управления домкратами стартового устройства.

Список литературы:

1. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Хорешок А.А., Вальтер А.В.. Геоход: задачи, характеристики, перспективы // Горное оборудование и электромеханика. -2016. - № 8. - С. 3 - 8.
2. Бреннер В. А., Жабин А. Б., Щеголевский М.М., Поляков Ал. В., Поляков Ан. В. Щитовые проходческие комплексы: Учебное пособие. - М.: Издательство «Горная книга». Издательство Московской государственной горного университета, 2009. - 447 с.
3. Коперчук А. В. и др. Обоснование необходимости разработки стартового устройства геохода //Технологии и материалы. - 2015. - №. 1.
4. Коперчук А. В., Бегляков В. Ю. Выбор схемного решения стартового устройства геохода //Горное оборудование и электромеханика. - 2016. - №. 8. - С. 15-18.
5. Koperchuk A. V. et al. A Change in Mechanical Behavior of Safety Fluid Couplings when the Lockup Device is Used in its Construction //Applied Mechanics and Materials. - Trans Tech Publications, 2015. - Т. 770. - С. 279-282.
6. Коперчук А. В. Совершенствование механизма блокировки предохранительной гидродинамической муфты: дисс... канд. техн. наук: 05.02. 02.-Томск, 2013.-109 с. - 2013.
7. Koperchuk A. V., Murin A. V., Filonov V. V. The Load Capability Dependence on Characteristics of Driven Disks in a Lockup Assembly of an Overload Hydrodynamic Coupling //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. - Т. 127. - №. 1. - С. 012040.
8. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю.. Обоснование необходимости разработки трансмиссии геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. -2009.- № 3 (73).- С. 24-27.
9. Блащук М.Ю. Обоснование параметров трансмиссии геохода с гидроприводом. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузбасский государственный технический университет. Кемерово, 2012, 19 с.
10. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Тимофеев В.Ю., Блащук М.Ю. Разработка и анализ возможных вариантов гидро- и электропривода в трансмиссии геохода // Вестник Кузбасского государственного технического университета. -2010.- № 3 (79). - С. 7-14.
11. Blaschuk M. et al. Kinematic Parameters Of Rotary Transmission With Hydraulic Cylinders //E3S Web of Conferences. - EDP Sciences, 2017. - Т. 15. -С. 03003.
12. Коперчук А. В., Бегляков В. Ю. Синхронизация кинематических параметров геохода и стартового устройства //Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, 21-23 мая 2015 г., Юрга.-Томск, 2015. - 2015. - С. 436-438.
13. ГОСТ 21153.1-75. Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протодякову - М.: Издательство стандартов, 1982.
14. GOST 21153.1-75. Porody gornye. Metod opredeleniya koehfficienta kreposti po Protod'yakovu - М.: Izdatel'stvo standartov, 1982.

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДОЗАТОРА ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА

В.Ю. Бегляков, к.т.н., доц., А.И. Изотова, студ.; К.С. Асадчий, студ.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,

E-mail: begljakov@rambler.ru

Аннотация: Приводится краткое описание конструктивных и схемных решений базового устройства дискретного гидропривода – дозатора. Представлен пример оптимизации геометрических параметров дозатора по критерию отношения размера устройства к его производительности.

Ключевые слова: Дискретный гидропривод, дозатор, импульс объема, оптимизация.

Abstract: A brief description of the design and circuit solutions of the basic device of a discrete hydraulic drive – dispenser is given. An example of optimization of the geometric parameters of the dispenser by the criterion of the ratio of the size of the device to its performance is presented.

Keyword: Discrete hydraulic drive, dispenser, volume pulse, optimization.

Гидропривод широко применяется практически во всех отраслях промышленности. При строительстве современных машин возникает необходимость управления сложным движением в широком диапазоне скоростей и с высокой точностью [1, 6].

Существующие гидравлические системы позволяют лишь частично решать поставленную задачу [1, 2].

В настоящее время ведутся работы по созданию дискретного гидропривода [1, 2, 7, 8] на базе объемных дозаторов, принципиальные схемы которых представлены на рисунке 1.

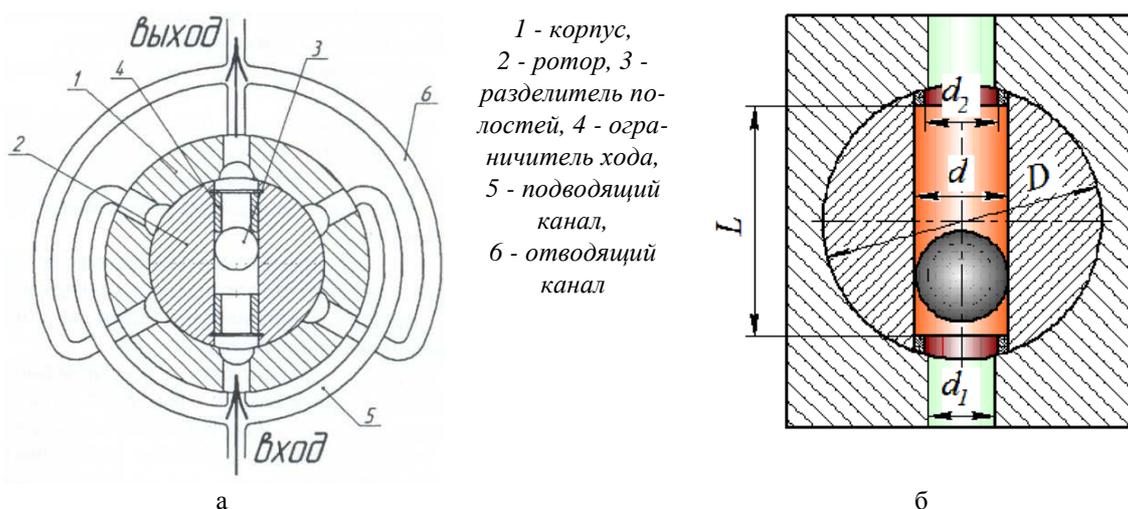


Рис. 1. Принципиальные схемы дозаторов для дискретного управления потоком рабочей жидкости расхода на один оборот ротора:
а) шестипольный с формированием 6-ти импульсов,
б) двухпольный с формированием 2-х импульсов

Дозатор предназначен для управления объёмным гидроприводом в системах с частотно-импульсной модуляцией и тонким формированием импульсов расхода. Обеспечивает высокую стабильность величины импульсов расхода, независящих от характеристик и состояния рабочей жидкости, и управляется непосредственно от устройства ЧПУ, без применения аналого-цифрового преобразователя и электромагнитного коммутатора. Может непосредственно управлять как скоростью, так и величиной перемещения выходных звеньев. Расход гидравлической жидкости, протекающей через дозатор, непосредственно определяется угловой скоростью ротора, а количество – углом поворота.

На данный момент существуют различные варианты схемных решений с применением объёмных дозаторов [1, 2], позволяющие замещать традиционные системы управления расходом и направлением потока.

Разработано конструктивное решение четырехсекционного дозатора для управления расходом и реверсированием потока. На рисунке 2 представлены общий вид и схема подключения четырехсекционного дозатора, который модель состоит из 2 пар секций (рис. 2 а), каждая пара управляется отдельным шаговым двигателем. Каждая секция реализована по шестипольной схеме (рис. 1 а).

При разработке дозатора ставилась задача обеспечения принципиальной работоспособности, а задача получения рациональных массогабаритных характеристик не решалась.

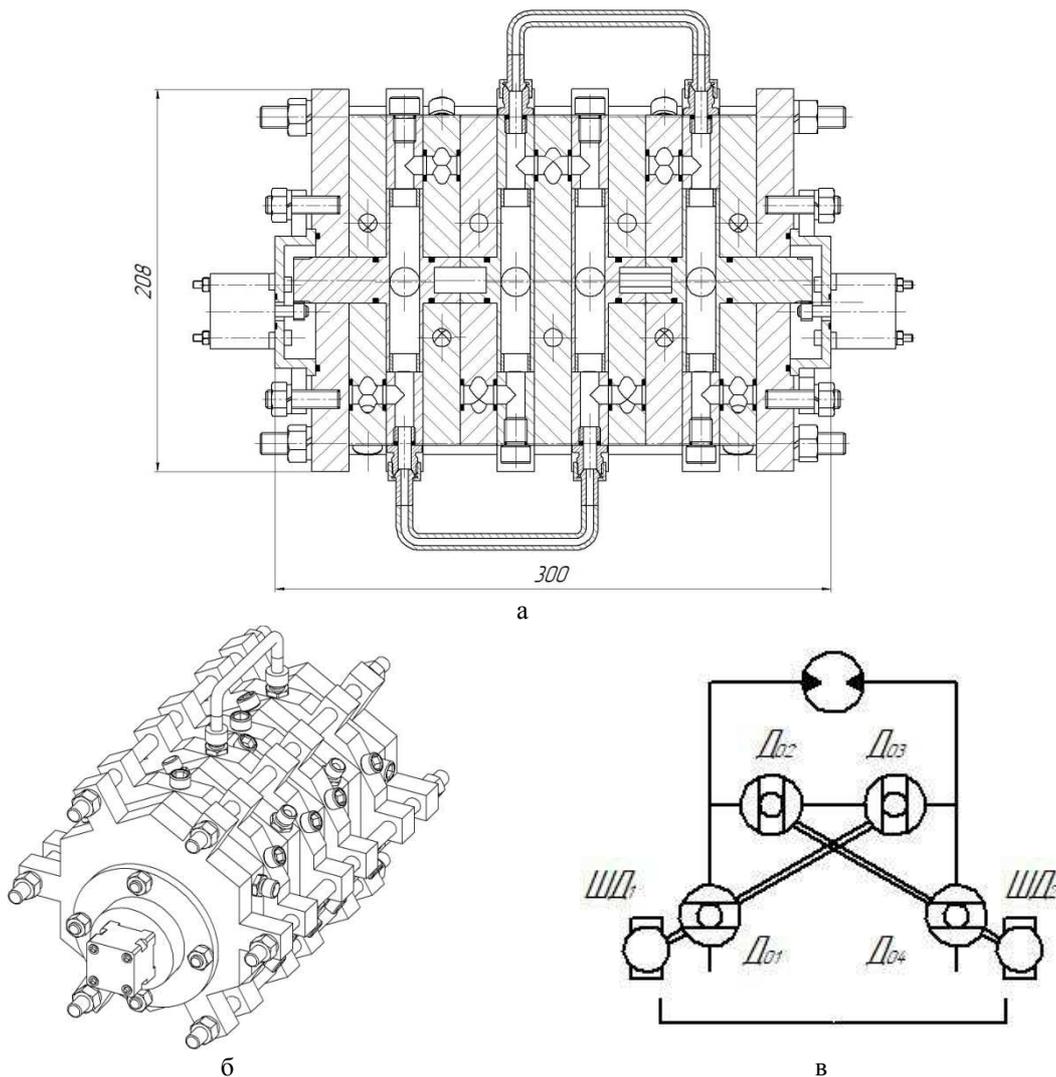


Рис. 2. Четырехсекционный дозатор:
а - конструктивное решение, б - общий вид, в - схематехническое решение

Гидравлические характеристики представленного четырехсекционного дозатора соответствует характеристикам гидроаппаратов с условным проходом $du = 10$ мм, однако его масса и габаритные размеры значительно больше аналогичных гидроаппаратов. Исходя из этого, возникает задача оптимизации геометрических параметров аппарата с целью получения минимальных габаритов изделия при сохранении расхода и единичного импульса.

Целевой функцией оптимизации или критерием оптимальности в данном случае является соотношение объема единичного импульса к габаритному объему аппарата. А изменяемым или управляемым параметром является соотношение диаметра разделителя полостей d к диаметру ротора D (рис. 1 б и рис. 3).

При уменьшении диаметра шарика (рис. 3 а) мы уменьшаем объем единичного импульса (рабочий объем), следовательно, снижается производительность. При увеличении диаметра шарика (рис. 3 б) уменьшается его ход, т.е. опять уменьшается рабочий объем, а с ним и производительность. Поэтому необходимо найти «золотую середину» (рис. 3 в) соотношения d/D .

Объем единичного импульса или рабочий объем дозатора определяется по формуле:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h, \quad (1)$$

где d – диаметр шарика (разделителя полостей), h – ход шарика.

Максимальный ход шарика равен разности диаметров ротора и шарика:

$$h = D - d, \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1) получаем рабочий объем:

$$V_0 = \frac{\pi d^2 (D - d)}{4}, \quad (3)$$

Габариты ячейки (секции) А, В и С (рис. 3 в и г) находятся в жёсткой зависимости от диаметров канала и ротора D и определяются по формулам:

$$A = D \cdot \theta_A, \quad B = D \cdot \theta_B, \quad C = d \cdot \theta_C \quad (4)$$

где θ_A и θ_B – коэффициенты радиальных размеров корпуса, а θ_C – коэффициент осевого размера ротора.

А габаритный объем ячейки составит:

$$V_S = A \cdot B \cdot C = \theta_A \theta_B \theta_C \cdot D^2 d \quad (5)$$

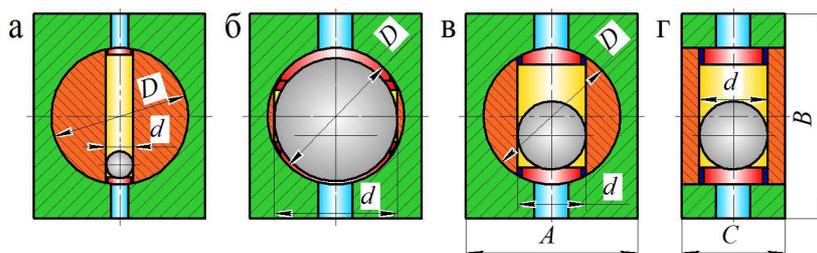


Рис. 3. Схема оптимизации геометрических параметров аппарата
а) нерационально малое, б) нерационально большое,
в) рациональное соотношение d/D , г) диаметральное сечение

Отношение объема единичного импульса к габаритному объему:

$$\frac{V_0}{V_S} = \frac{\pi d^2 (D - d)}{4 \theta_A \theta_B \theta_C \cdot D^2 d} = \frac{\pi}{4 \theta_A \theta_B \theta_C} \cdot \left(\frac{d}{D} - \frac{d^2}{D^2} \right) \quad (6)$$

Учитывая, что целевая функция $F_O = V_0 / V_S$, а изменяемый $p = d / D$, выражение б примет вид:

$$F_O = \frac{\pi}{4 \theta_A \theta_B \theta_C} \cdot (p - p^2) \quad (7)$$

Дифференцируя F_O по p , и приравняв дифференциал к «0», получим рациональное соотношение диаметров разделителя и ротора:

$$\frac{dF_O}{dp} = \frac{\pi}{4 \theta_A \theta_B \theta_C} \cdot (1 - 2p); \quad p = \frac{1}{2}; \quad d = \frac{D}{2} \quad (8)$$

Оптимизация геометрических параметров дозатора позволила создать более компактный аппарат (рис. 4).

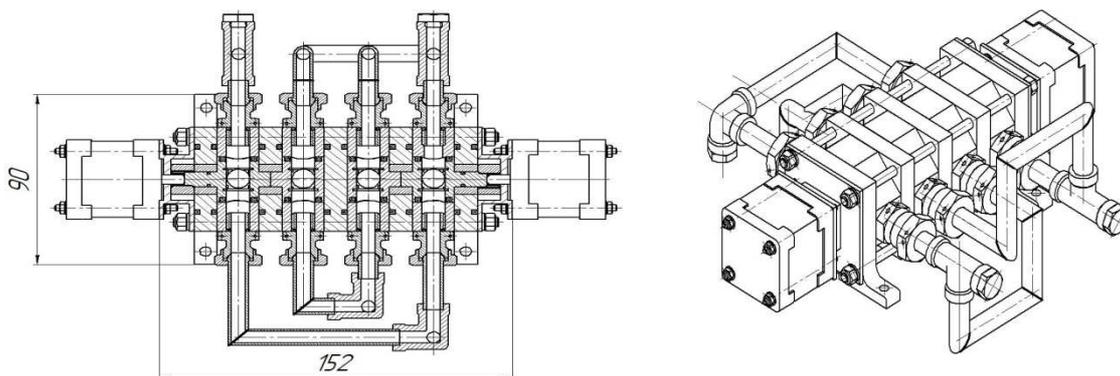


Рис. 4. Четырёхсекционный дозатор

В результате оптимизации были уменьшены массогабаритные характеристики: длина – с 300 мм до 152 мм, ширина – с 208 мм до 90 мм (Рис. 2 и 4) и масса с 41 кг до 3,9 кг.

Список литературы:

1. Создание гидроаппаратов для дискретного управления расходом жидкости в гидроприводе / А. И. Изотова, К. С. Асадчий // Инновации в технологиях и образовании: сборник статей участников XI международной научно-практической конференции, 2018 г., г. Белово: Изд-во КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева (Кемерово)
2. Бегляков В. Ю. Разработка систем дискретного гидропривода с тонким формированием импульсов расхода / В. Ю. Бегляков, А. И. Изотова, К. С. Асадчий // Инновационные технологии в машиностроении : сборник трудов IX Международной научно-практической конференции, 24–26 мая 2018 г., Юрга. — Томск : Изд-во ТПУ, 2018. — [С. 260-264]
3. Бегляков, В.Ю. Разработка законтурной опорно-двигательной системы геохода/В.Ю. Бегляков, В.В. Аксенов, А.А. Казанцев, И.А. Костинцев//Вестник КузГТУ. -2017. -№6 (124). -С. 175-181.
4. Коперчук А.В., Бегляков В.Ю. Выбор схемного решения стартового устройства геохода//Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 15-18.
5. Коперчук А. В., Казанцев А. А., Бегляков В. Ю., Филонов В. В. Обоснование необходимости разработки стартового устройства геохода//Технологии и материалы. 2015. № 1. С. 29-30.
6. Коперчук, А. В. Синхронизация кинематических параметров геохода и стартового устройства / А. В. Коперчук, В. Ю. Бегляков//Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, 21-23 мая 2015 г., Юрга/Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ). -Томск: Изд-во ТПУ, 2015. -. -Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C30/106.pdf>.
7. Патент на изобретение № 2328625RU. Объемный дозатор для дискретного регулирования скорости и величины перемещений выходных звеньев гидродвигателей / Крауиньш П.Я., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Смайлов С.А. Опубликовано: 10.07.2008 Бюл. № 19.
8. Патент на изобретение № 2680633RU. Шаговый гидропривод с объемным дозированием / Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Казанцев А.А., Нестерук Д.Н. Опубликовано: 25.02.2019 Бюл. № 6.

ПИРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ

*Д.В. Тунцев к.т.н., доц., М.Р. Хайруллина асп. каф. ПДМ, Р.Н. Набиуллин магис. каф. ПДМ
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»*

420015, РТ, г. Казань, ул.К.Маркса, 68

E-mail: khayrullina_mila@mail.ru

Аннотация: в работе приведен обзор методов утилизации и переработки отработанных деревянных шпал. Выявлены достоинства и недостатки данных методом. Представлено описание экспериментальной установки для исследования процесса разложения отработанных шпал при быстром кондуктивном пиролизе. Представлены результаты экспериментальных исследований объема выхода продуктов термического разложения в зависимости от режимных параметров процесса.

Abstract: the article contains an overview of methods of processing of used wooden slippers. The Advantages and disadvantages of these methods were identified.. The description of experimental setup for research of process of decomposition of the of used wooden slippers at fast conducting pyrolysis is presented. The results of experimental studies of the output volume of thermal decomposition products depending on the operating parameters of the process are presented.

Ключевые слова: деревянные шпалы, быстрый пиролиз, уголь, угольные брикеты.

Keywords: wooden sleepers, fast pyrolysis, coal, coal briquettes.

При технологических процессах железнодорожных предприятий и метрополитена образуются отходы различных классов опасности, содержащие нефтепродукты, различные органические соединения, а также тяжелые металлы и ртуть. Опасные отходы 1 и 2 классов передаются для обезвреживания специализированным сторонним организациям. Отходы 4 и 5 классов опасности, как практически неопасные, не создают больших проблем по использованию и захоронению. Основные проблемы возникают при работе с отходами 3 класса опасности, для использования и утилизации которых требуются экологически чистые технологии. Согласно федеральному классификационному каталогу отходов отработанные деревянные шпалы (ОДШ) входят в группу отходов третьего класса экологической опасности (код 8 41 111 11 51 4) [1].

В отечественной и зарубежной практике известны различные методы и технологии утилизации отработанных деревянных шпал: сжигание, газификация, метод традиционного пиролиза, повторное использование в качестве строительного материала при полной нейтрализации токсичных компонентов пропиточного состава. Однако эти методы и технологии имеют как достоинства, так и недостатки. При сжигании повторно образуется отход в виде золы и возможны выбросы токсичных летучих веществ в атмосферу воздуха. Недостатком метода газификации является высокий расход энергии, низкая продуктивность газогенераторных установок. При утилизации методом традиционного пиролиза основным продуктом является уголь невысокого качества, который не конкурентоспособен в сегменте рынка данного вида продукта, и пиролизная жидкость, которая содержит в составе концентраты соединений креозота. При использовании отработанных деревянных шпал в качестве строительного материала требуется полная нейтрализация токсичных компонентов пропиточного состава. При подборе нейтрализующего реагента, необходимо учитывать состав пропитывающей жидкости, что крайне сложно и затруднительно при использовании отработанных деревянных шпал пропитанных креозотом. Так же недостатком данной технологии является дороговизна нейтрализующего реагента [2, 3].

На базе каф. переработки древесных материалов ФГБОУ ВО «КНИТУ» была разработана технология переработки ОДШ методом быстрого пиролиза с кондуктивным подводом тепла с получением товарных продуктов (рис. 1).

Технологический процесс переработки отработанных деревянных шпал условно можно разделить на три стадии (рис. 1): стадия подготовки сырья, включающая в себя очистку, измельчение и сушку ОДШ (I блок); стадия термического разложения быстрым пиролизом при кондуктивном подводе тепла (II блок); стадия конденсации парогазовой смеси и переработки первичных продуктов разложения ОДШ (III блок).

Отработанные деревянные шпалы на 87,5% состоят из древесины, что объясняет схожесть процессов термического разложения отработанных деревянных шпал с процессом термического разложения древесины и отличается лишь составом продуктов пиролиза.

Оптимальные режимные параметры разложения ОДШ были определены в ходе экспериментальных исследований.

Для выполнения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена экспериментальная установка быстрого пиролиза с кондуктивным подводом тепла. Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 2.

В основе работы экспериментальной установки лежит процесс передачи тепловой энергии от стенок реактора и от нагретого ротора на измельченную частицу сырья при непосредственном их контакте. Диапазон рабочих температур установки 400-650 °С. Существенными условиями процесса кондуктивного разложения являются:

- высокие потоки тепла (для интенсивной теплопередачи требуется измельченное сырье и механо-активация процесса);
- тщательный контроль температуры и времени пребывания парогазовой смеси в зоне реакции;
- быстрое охлаждение парогазовой смеси [4].

Процесс пиролиза проводили при различных температурных режимах (450, 500, 550, 600 °С) и с различным временем пребывания парогазовой смеси (ПГС) в зоне реакции (от 1 до 5 сек). Размеры частиц измельченных шпал составило 4-16 мм.

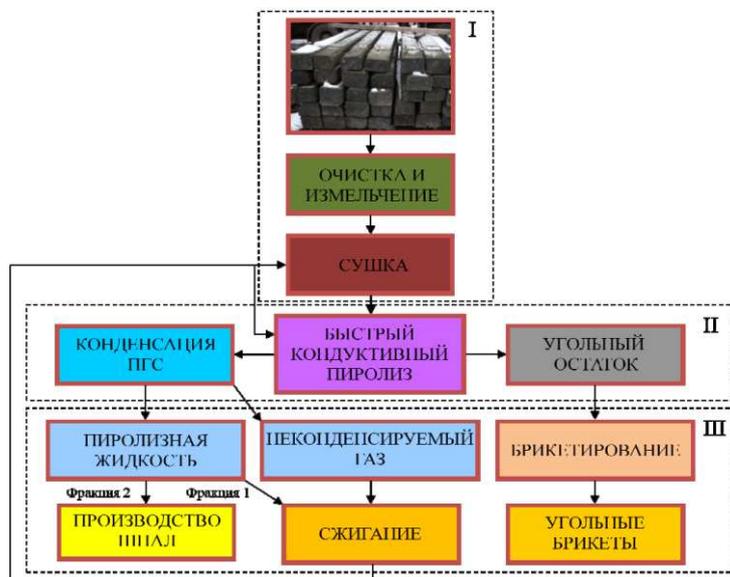


Рис. 1. Технологический процесс переработки ОДШ

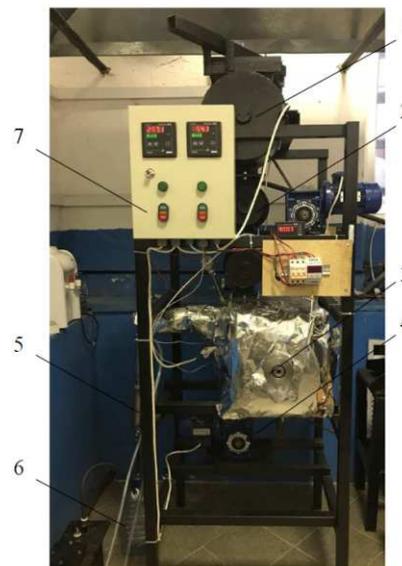


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

Подготовленное таким образом сырье загружали в приемный бункер 1, откуда сырье поступает в загрузочное устройство 2, которое обеспечивает непрерывное равномерное его дозирование и при этом гарантирует герметичность процесса от попадания воздуха в зону реакции. Скорость дозирования составляет 0,5-3 кг/ч. После этого сырье попадает в реактор кондуктивного пиролиза 3, где происходит процесс термического разложения. Существенно интенсифицирует процесс разложения сырья механическое воздействие на образец в виде смещения его относительно нагретой металлической поверхности и давления, оказываемое на материал. Скорость вращения барабана реактора составляет 1-4 об/мин. Давление, поддерживаемое в реакторе кондуктивного пиролиза небольшое избыточное – до 1000 Па. Давление предотвращает попадания кислорода в зону реакции. В результате термического разложения ОДШ образуется парогазовая смесь и углистый остаток, последний собирается в приемнике 4, где происходит его охлаждение до 30 – 40 °С. Полученная парогазовая смесь проходит через последовательно установленные конденсаторы 5, где происходит ступенчатая конденсация ПГС при температурных интервалах 500 – 180 °С и 179-30°С, жидкие продукты направляются в приемные резервуары 6. Несконденсированный пиролизный газ направляется в газоанализатор, после чего сжигается на факеле. Управление работой экспериментальной установкой осуществляется с помощью панели управления 7.

Результаты экспериментальных исследований выхода продуктов разложения ОДШ от режимных параметров процесса (температуры (а), времени пребывания ПГС зоне реакции (б) и размера частиц ОДШ (в)) представлены на рис. 3.

Как показывают результаты исследований, максимальный выход жидких продуктов происходит при переработке измельченной ОДШ до 4-10 мм при температуре 550 °С на первой секунде пребывания продуктов первичного разложения в зоне реакции.

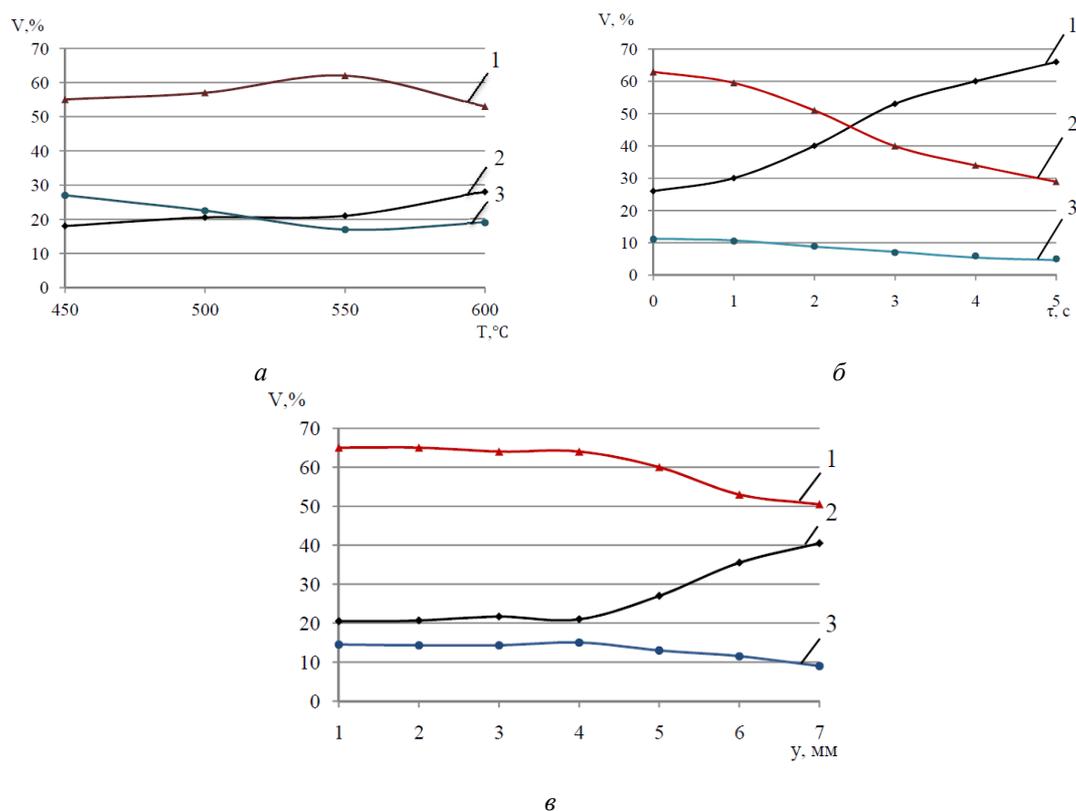


Рис. 3. Зависимости выхода продуктов разложения ОДШ от режимных параметров процесса:
1 – углистые частицы; 2 – пиролизная жидкость;
3 – неконденсированный газ

Список литературы:

1. Тунцев Д.В., Исследование процессов термокондуктивного разложения отработанных деревянных шпал / Д.В. Тунцев, М.Р. Хайруллина, А.Р. Садртдинов, Э.К. Хайруллина, И.С. Романчева // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 20. – С. 185-187.
2. Тунцев Д.В., Утилизация отработанных деревянных шпал / Д.В. Тунцев, Р.Г. Сафин, М.Р. Хайруллина, С.В. Китаев, Э.Р. Хайруллина // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21. – № 2. – С. 70-75.
3. Тунцев Д.В., Ресурсосберегающая технология утилизации отработанных деревянных шпал / Д.В. Тунцев, М.Р. Хайруллина / Деревообрабатывающая промышленность. – 2015. – № 3. – С. 52-54.
4. Грачев, А.Н. Технология быстрого пиролиза при энергетическом использовании низкокачественной древесины / А.Н. Грачев, В.Н. Башкиров, И.А. Валеев, Р.Г. Хисматова, А.А. Макаров, Д.В. Тунцев // Энергетика Татарстана. – 2008. – № 4 (12). – С. 16-20.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Я.Ю. Малькова, студ., А.П. Соколов, к.т.н., доц.
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина 30, тел. (3822)-60-63-06
E-mail: yamalkova96@gmail.com

Аннотация: в статье проанализировано современное состояние аддитивных технологий. Проведена систематизация аддитивных технологий в зависимости от используемых материалов и способов их обработки. Определены основные этапы производственного процесса с применением аддитивных технологий. Приведены доли аддитивных технологий в промышленном производстве ведущих мировых держав. Обобщены достоинства и недостатки аддитивных технологий, сформулированы перспективные направления их дальнейшего развития.

Abstract: this article was focused on analysis of the current state of the additive technologies. The systematization of additive technologies depending on the used materials and methods of their processing

was carried out. The main stages of the production process using additive technologies are determined. The shares of additive technologies in the industrial production of the leading world powers were defined. Based on this, the pros and cons of additive technologies are summarized, promising directions for their further development are formulated.

Ключевые слова: аддитивные технологии, систематизация, технологический процесс, перспективы.

Keyword: additive technologies, systematization, technological process, prospects.

Аддитивные технологии (АТ) – это технологии, предполагающие создание изделия по данным цифровой 3D-модели методом послойного наращивания [1].

АТ имеют широкий спектр применения от сферы промышленного производства и проектирования до образовательной деятельности и оказания медицинских услуг. В частности, целью применения АТ в промышленности является создание более дешевой, надежной и качественной продукции при использовании новых материалов и методов их обработки [2].

В настоящее время в качестве расходного материала аддитивные системы, главным образом олицетворяемые с технологией 3D-печати, используют различные полимерные материалы, композитные порошки, металлы, керамику и др.

Информация об АТ, встречающаяся в открытых источниках, доступных широкому кругу людей, иногда содержит полностью или частично недостоверные сведения. Например, информация о реактивном двигателе, полученном с использованием АТ [3], конструктивный анализ которой показывает, что в данном случае был изготовлен лишь макет реактивного двигателя, пригодный для его натурной демонстрации.

Целью проведения настоящей работы является системное и тезисное изложение основ АТ, позволяющее начинающим исследователям АТ получить объективное представление о данном виде технологий и на его основании в дальнейшем проводить критический анализ информации, находящейся в открытом доступе.

В соответствии с природой и агрегатным состоянием расходного материала, а также методом его обработки выделяют следующие виды АТ [4].

Во-первых, технология отвердевания жидкостей, предполагающая затвердевание тонких слоев фотополимера под действием лазера или ультрафиолетового излучения: Stereolithography Apparatus – селективное отвердевание жидкого фотополимера под действием лазера в баке, Direct Light Processing – селективное отвердевание жидкого фотополимера под действием ультрафиолетового излучения в баке [5], Material Jetting (Polyjet Matrix) – отвердевание жидкого полимера под действием ультрафиолетового излучения при нанесении на плоскость построения, Multi Jet Modeling – аналог технологии Polyjet Matrix, однако в данном случае возможно нанесение разных материалов в процессе создания одного объекта.

Во-вторых, технология экструзии расплавленных материалов, предполагающая нагрев полимерной нити, ее расплавление, осаждение и последующее отвердевание для формирования очередного слоя – Fused Deposition Modelling [6]. Также нередко встречаются другие названия данной технологии: Plastic Jet Printing, Fused Filament Fabrication, Thermoplastic Extrusion и др. В качестве материалов используются различные виды пластмасс.

В-третьих, порошковые технологии, основанные на выборочном склеивании порошкового материала – Binder Jetting и на выборочном спекании порошкового материала – Selective Laser Sintering [6]. Binder Jetting заключается в равномерном нанесении порошка на плоскость построения и его последующем выборочном склеивании посредством нанесения связующего вещества печатной головкой. Материальная база данного метода – металлический и пластиковый порошки, силикаты. Selective Laser Sintering является альтернативой склеиванию, основан на выборочном спекании порошка лазером. В качестве расходного материала используются порошковые материалы, в частности, воск, полистирол, керамика, нейлон, металлические сплавы (Direct Metal Laser Sintering) и др.

Выделим основные этапы технологического процесса реализации АТ вне зависимости от выбранного материала и метода его обработки (рис. 1). Первым этапом является создание 3D-модели с использованием специализированного программного обеспечения на соответствующей вычислительной технике. Затем осуществляется загрузка полученной модели в систему 3D-принтера



Рис. 1. Этапы создания изделия при помощи АТ

и его настройка в соответствии с желаемым результатом в критериях точности и скорости получения готового изделия. После чего, в ряде случаев, готовое изделие подвергается финишной обработке.

АТ активно внедряются в производственные процессы с целью их рационализации, получения уникального продукта, а также для обеспечения конкурентоспособности на рынке. Для ведущих мировых держав характерна реализация значительной доли промышленного производства посредством аддитивных технологий (рис. 2). В России же в настоящее время аддитивное производство присутствует только в потребительском секторе, однако правительством ставится задача о внедрении АТ в той или иной мере в оборонном и промышленном производстве [7].

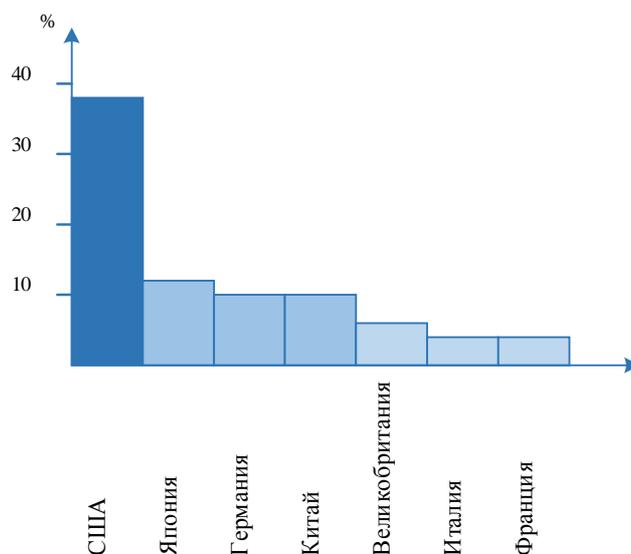


Рис. 2. Доли аддитивного производства в ведущих странах [7]

Определим основные преимущества и недостатки применения АТ в производственном процессе.

К преимуществам АТ следует отнести: реализацию технологического процесса в минимальные сроки и с минимальными затратами относительно традиционного производства, получение изделий любой формы и геометрии, создание изделия за одну технологическую операцию, а также мобильность и ускоренный обмен данными ввиду работы с виртуальным объектом на первых двух стадиях реализации АТ (рис. 1).

Среди основных недостатков АТ следует выделить: высокую стоимость программного обеспечения и расходных материалов, сложность обслуживания соответствующего оборудования и поддержания его работоспособности, нехватку квалифицированного персонала, владеющего современными системами моделирования на достаточно высоком уровне [8], а также необходимость финишной обработки полученных изделий.

Развитие АТ в их совокупности предполагает совершенствование технологии 3D-печати, в частности, уменьшение времени изготовления детали при сохранении заданной точности. Точность определяется минимальным размером используемого материала – диаметром гранулы. Чем выше точность, тем меньше диаметр. При необходимости повышения точности в два раза следует уменьшить минимальный размер в аналогичное число раз. Соответственно, для получения изделия того же объема потребуется в восемь раз больше гранул. Время изготовления данного изделия также увеличится в восемь раз. Выведенную зависимость можно проиллюстрировать эмпирической формулой

$$T = \frac{k}{D^3},$$

где T – время печати, D – диаметр гранулы, k – переводной коэффициент.

Рассмотренные виды АТ по типу физического процесса можно классифицировать следующим образом (рис. 3).

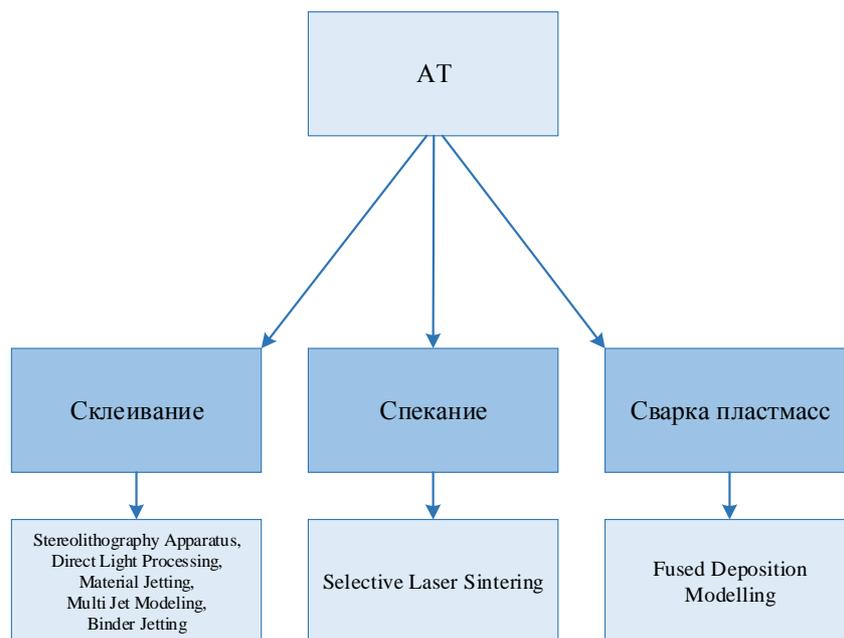


Рис. 3. Классификация AT

На основании предложенной классификации обозначим актуальные проблемные вопросы AT и сформулируем перспективы их дальнейшего развития.

При описании некоторых видов AT нередко встречаются сведения об использовании металлических порошков в качестве расходного материала, в то же время комментарии относительно содержания технологии послойного наращивания данного материала, как правило, отсутствуют. Элементарной частью порошка является гранула. Соединение металлических гранул друг с другом возможно посредством сварки или спекания лазером. Микросварке свойственен основной круг проблем, характерный для обычной сварки, главной из которых является термодеструкция детали. Результат термодеструкции наблюдается тем больше, чем меньше толщина свариваемых деталей. В соответствии с данным рассуждением, можно выделить такую проблему AT на основе сварки, как достижение требуемой точности тонкостенных деталей. AT на основе спекания металлических порошков реализуются при достаточно высоких температурах в жидкой или твердой среде. Для данной технологии характерна аналогичная проблема – изготовление тонкостенных деталей со строго выдержанной формой.

Информация о гальванопластике не получила широкого распространения в открытых источниках. Данную технологию следует также отнести к AT, так как при ее реализации процесс образования формы детали аналогичен выделенным выше основным видам AT – методом послойного наращивания. Гальванопластика, в свою очередь, вполне могла бы стать перспективным направлением развития AT, так как в данном случае отсутствуют ограничения, связанные с явлением термодеструкции, и теоретически точность детали определяется размерами атомов металла.

Анализ литературы, посвященной теории и практике применения AT, показал, что на сегодняшний день имеет место стремительное развитие AT, позволяющих создавать детали эксклюзивной формы. В частности, в медицине с помощью AT получают протезы костей, в архитектуре – объемные модели объектов интерьера и экстерьера [9, 10]. В искусстве AT позволяют облегчить труд скульптора, деятельность которого может быть представлена следующим рядом технологических операций: сканирование модели, создание виртуального образа и 3D-печать скульптуры [12, 13].

В соответствии с изложенным, можно сделать вывод о том, что развитие AT предполагает дальнейшее совершенствование программных продуктов виртуального моделирования, подготовку высококвалифицированных кадров для извлечения всего имеющегося потенциала данных программ, усложнение технологического оборудования с целью повышения точности изготавливаемых изделий и уменьшения времени, затрачиваемого на данный процесс, а также расширение материальной базы, используемой одновременно при создании одного изделия. В настоящее время AT наиболее успешно применяются при создании деталей эксклюзивной формы. В свою очередь, одним из актуальных

проблемных вопросов АТ является получение тонкостенных деталей требуемой точности со строго выдержанной формой. При этом, стоит отметить, что сокращение времени изготовления детали может быть достигнуто за счет гармоничного синтеза АТ и традиционных технологий.

Список литературы:

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. СПб. – 2013. – 223 с.
2. Ключко А.Д., Гареева Г.А., Григорьева Д.Р. Аддитивные технологии и эффективность их использования в производстве // Символ науки. – 2018. – № 1-2. – С. 27-29 [Электронный ресурс]: https://elibrary.ru/download/elibrary_32562594_43621957.pdf (дата обращения: 07.04.2019).
3. На 3D-принтере впервые напечатали реактивный двигатель [Электронный ресурс]: <https://lenta.ru/news/2015/02/26/jetprinted> (дата обращения: 09.04.2019).
4. Баява Л.С., Маринин А.А. Современные технологии аддитивного изготовления объектов // Вестник МГТУ. – 2014. – № 1. – Т. 17. – С. 7-12 [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/v/sovremennye-tehnologii-additivnogo-izgotovleniya-obektov> (дата обращения: 07.04.2019).
5. Heynick M., Stotz I. 3D CAD, CAM and rapid prototyping. – 2000, 20 p. [Электронный ресурс]: <https://docplayer.net/9035458-3d-cad-cam-and-rapid-prototyping-by-mitch-heynick-and-ivo-stotz.html> (дата обращения: 07.04.2019).
6. Lukkassen D., Meidell A. Advanced materials and structures and their fabrication processes. – 2007, 255 p. [Электронный ресурс]: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.6721&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 07.04.2019).
7. Спрукуль В.О. Внедрение аддитивных технологий // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – № 13. – Т. 3. – С. 304-306 [Электронный ресурс]: https://elibrary.ru/download/elibrary_32538997_96577432.pdf (дата обращения: 07.04.2019).
8. Булатов А.А., Лаухин Ф.М., Капранов Н.Н. Аддитивные технологии в образовательном процессе будущего инженера // Наука и образование транспорту. – 2017. – № 2. – С. 183-184 [Электронный ресурс]: https://elibrary.ru/download/elibrary_32635378_17727181.pdf (дата обращения: 07.04.2019).
9. Анисимова А.О., Шатохин А.Е. Оптимизация процесса проектирования дизайн-проекта // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2018. - № 1. – С. 8-12 [Электронный ресурс]: <http://academy-tad.ru/m.files/2018%20No%201.pdf> (дата обращения: 14.04.2019).
10. Кухта М.С., Соколов А.П., Сокур К.С. Художественно-проектные решения и современные технологии арт-объектов средового дизайна // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 6. – С. 177-181 [Электронный ресурс]: https://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Bulletin_TPU/2011/v319/i6/37.pdf (дата обращения: 14.04.2019).
11. Игисенов Б.К., Касутин В.Е., Выблов К.В. Аддитивные технологии в машиностроении // Вестник современных исследований. – 2017. – № 11-1 (14). – С. 202-206 [Электронный ресурс]: https://elibrary.ru/download/elibrary_32276994_44701363.pdf (дата обращения: 07.04.2019).
12. Кухта М.С., Дронов В.В. Автоматизированное варьирование параметров виртуальной модели как инструмент промышленного дизайнера // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010. - № 1 (12). – С. 106-111.
13. Соколов А.П. Манипулятор в дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2014. - № 1. – С. 26-30 [Электронный ресурс]: <http://academy-tad.ru/m.files/2014%20No%201.pdf> (дата обращения: 14.04.2019).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА АКТИВАЦИИ

Р.Г Сафин д.т.н., проф., Д.Р Гумеров магистр., Т.О. Степанова асп.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

420015 г. Казань, ул. Карла Маркса 68, тел. +7(843)231-41-57

E-mail: gdr96@yandex.ru

Аннотация: в рамках разработки эффективной технологии производства активированного угля, обеспечивающей определение требуемых оптимальных режимов процесса при максимальном выходе продукта и минимальных затратах энергетических ресурсов, собрана экспериментальная установка для активации древесного угля, получение на выходе активированного угля с большой удельной поверхностью и большим объемом пор, обладающим большей адсорбционной способностью и проведены исследования.

Abstract: as part of the development of an effective technology for the production of activated carbon, which ensures the determination of the required optimal process modes at maximum product yield and minimum energy resources, an experimental installation for the activation of charcoal, obtaining activated carbon with a large specific surface area and a large volume of pores with greater adsorption capacity, was assembled and studies were conducted.

Ключевые слова: активированный уголь, сорбент, активация угля.

Keyword: activated carbon, a sorbent, activated charcoal.

Активированный уголь широко применяется в качестве сорбента для поглощения вредных веществ и примесей при водоподготовке и в ликероводочном производстве, при очистке воздуха, газов, пищевых, фармацевтических и других продуктов. Активированный уголь получают, в частности, обработкой древесного угля паром при температуре 800–1000 °С [1, 2]. В качестве сырья при производстве активированного угля используются различные материалы органического происхождения, такие как: древесина, каменный уголь, скорлупа кокосовых орехов и т.д. Целью данного проекта является получение более очищенного, с большой удельной поверхностью и большим объемом пор активированного угля.

На рисунке 1,2 представлена схема и внешний вид экспериментального стенда.

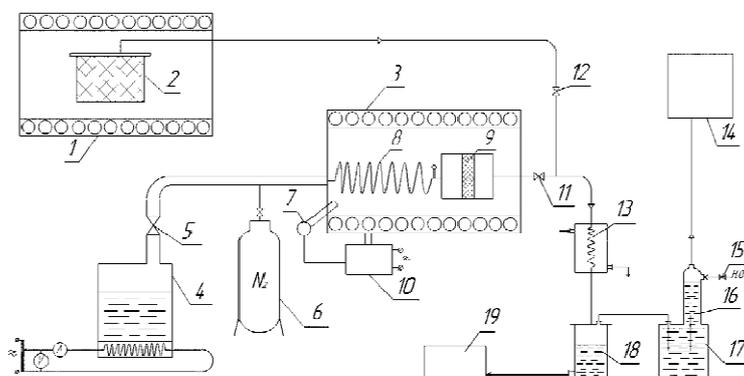


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для активации угля

Экспериментальная установка для определения требуемых оптимальных режимов процесса состоит из: муфельной печи 1 и 3, узла пиролиза 2, парогенератора 4, клапана для подачи пара 5, клапана для подачи воды 15, баллона с азотом 6, термопары 7, узла активации 8 и 9, регулятора температуры 10, клапана для отбора жидкости 11 и 12, сепаратора 13, газоанализатора 14, клапана для подачи воды 15, сборника газа 17, сборника жидкости 18, хроматографа 19.



Рис.2 Установка для активации угля

На рисунке 3 представлен узел активации в собранном и разобранном виде, включающий основные элементы: пароперегреватель – 8, и емкость 9–1 с крышкой 9–2, в которую помещается уголь для активации.

Методика проведения эксперимента выглядит следующим образом: измельченные древесные отходы взвешиваются на аналитических весах, и направляются в сушилку, где при температуре 105 °С выдерживаются 2 часа. Затем высушенные древесные отходы вновь взвешивают и закладываются в узел пиролиза размещенный в муфельной печи. Пиролиз производится при температуре 200-450°С. В результате на выходе получаем древесный уголь. Полученный уголь взвешивается. Затем древесный уголь отправляется в муфельную печь с узлом активации. На данной стадии уголь при помощи перегретого водяного пара, подаваемого по трубопроводу из парогенератора, активируется.



Рис.3. Узел активации: а – в собранном виде, б – в разобранном виде

Температура подаваемого перегретого водяного пара варьируется в пределах 900-1100°С. Температура контролируется терморпарой ТХА, установленной на узле активации.

Полученный активированный уголь охлаждают. Далее активированный уголь взвешивают и пропускают через него азот. При этом происходит капиллярная конденсация азота в порах активированного угля, затем повторно взвешивают. По разнице весов рассчитывается удельная поверхность активированного угля. Затем уголь десорбируют и закладывают в эксикатор вместе с эталонным активированным углем для сравнения их адсорбционных способностей. В сепараторе происходит разделение ПГС на фракции, газ и жижка. Затем газ направляется в газоанализатор для определения состава газа, а жижка направляется в хроматограф, также для определения состава.

В ходе проведения экспериментов было выявлено значительное изменение массы загружаемого древесного отхода и получаемого продукта. На рисунке 4 представлена кривая изменения массы в зависимости от стадий процесса.

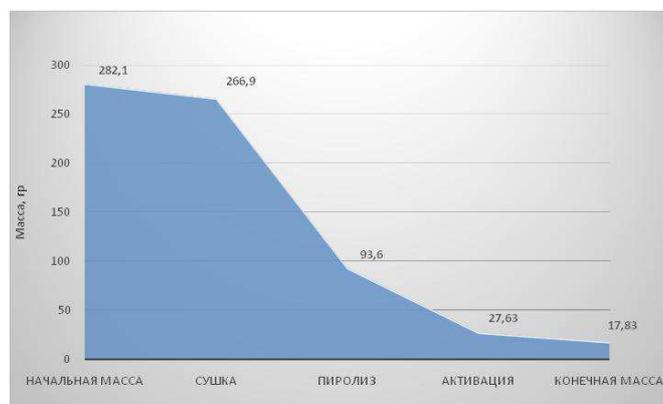


Рис.4 Кривая изменения массы

Также были проведены исследования выходящих газов в момент активации. На рисунке 5 представлена кривые изменения CO_2 , CH_4 , CO в зависимости от времени.

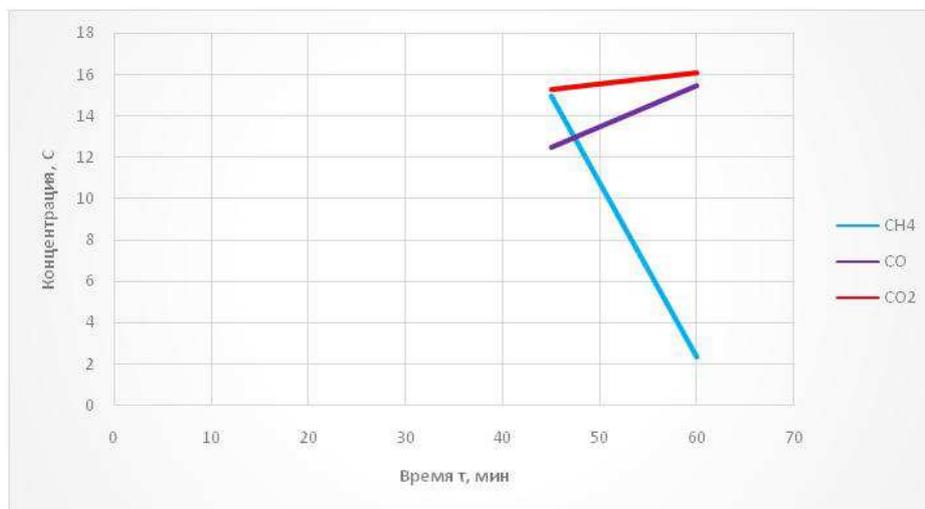


Рис.5. Кривые изменения CO_2 , CH_4 , CO

Список литературы:

1. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение: пер. с нем. / Х. Кинле, Э. Бадер. – Л. : Химия, 1984. – 216 с.
2. Юрьев Ю. Л. Технология лесохимических производств. Ч. 1. Пиролиз древесины. – Екатеринбург: УГЛТА, 1997. – 99 с.
3. Е.Ю. Беляев. Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях // Химия растительного сырья // №2. – 2000. – С. 5-15.
4. Воскобойников И.В. Технология производства активированных углей из древесных отходов / И.В. Воскобойников, А.О. Шевченко, В.М. Щелоков // «Лесной вестник». – 2012. – №8 – С.56-58.
5. Хабибуллина А.Р. Пирогенетическая переработка древесных отходов в активированный уголь: дис. канд. техн. наук – М., 2018.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАТИНОВОГО ТЕРМОРЕЗИСТОРА С ЦЕЛЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЕГО СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*К.В. Епифанцев к.т.н., доц, М.В. Абакишина студ, К.В. Золотухин студ, С.А. Наумов студ
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт-Петербург ул. Большая Морская 67, тел 8(963)343-7759
E-mail: epifancew@gmail.com*

Аннотация: В данной статье представлены методы определения зависимости сопротивления терморезистора с положительным ТКС от температуры. В первую очередь они являются первичными преобразователями изменения температуры в электрический сигнал. Спектр применения данных элементов достаточно широк. Сегодня предприятия изготавливают миллионы различных терморезисторов, которые нашли применение в самых разнообразных сферах, а именно, в промышленном оборудовании, аппаратах и установках, в системах управления космическими кораблями, двигателями внутреннего сгорания, воздушными кондиционерами и датчиками обледенения, а также в устройствах для защиты от перегрева. Терморезисторные датчики применяются в медицине для измерения локальной и общей температуры тела. Терморезисторы также используются для температурной компенсации отклоняющих катушек или схем развёртки. В системах телефонной связи данная группа элементов применяется для регулирования уровня речевого сигнала, выравнивания частотной характеристики телефонных линий и др.

Abstract: This article includes methods of determination of a resistance dependence on temperature for a thermal resistor having the positive temperature coefficient of resistance (PTC). At the first, they are

initial temperature variation sensors. A variety of using these elements is wide enough. Today enterprises produce millions different thermal resistors that achieved widespread use in different field, namely, industrial equipment, apparatuses and plants, control systems of space vehicles, internal-combustion engines, air handling units, ice-warming sender units and overheat protectors. The thermal resistor sensors are used in medicine for a local and general temperature measurement. Thermal resistors are also used for a temperature compensation of electromagnetic-deflection coils or sweep circuits. This group of the elements is applied for a speech volume regulation, smoothing an amplitude-frequency characteristic etc.

Ключевые слова: терморезистор, статическая характеристика, аппроксимирующий полином, линейная зависимость, ТКС (температурный коэффициент сопротивления).

Keywords: thermal resistor, static performance/characteristic, polynomial approximant, linear dependence, TCR (temperature coefficient of resistance).



Рис. 1. Измерительная установка

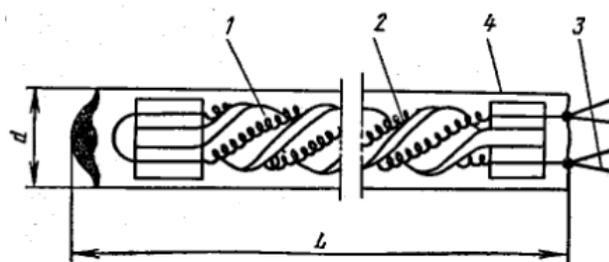


Рис. 2. Схема устройства платинового термометра сопротивления П.Г. Стрелкова.

1 – каркас; 2 – платиновая спираль; 3 – выводы;
4 – оболочка

Измерения проводились в аудитории ФБУ «Тест Санкт-Петербург» на установке, состоящей из термостата, термометра и омметра. В ходе проведения измерений была получена следующая совокупность экспериментальных данных:

Таблица 1

Экспериментальные данные

№ п/п	Температура в термостате, °С	Сопротивление терморезисторов R_t , Ом
1	30	111,85331
2	35	113,82124
3	40	115,78231
4	45	117,74111
5	50	119,70301
6	55	121,65290
7	60	123,60246
8	65	125,55321
9	70	127,50112
10	75	129,44289

В промышленности принято использовать отдельные аппроксимации для низких и высоких температур, а именно в двух диапазонах: от -200 до 0°С и от 0 до 630°С. Рассмотрим последний диапазон. Каллендар ван Дасен предложил следующее аппроксимационное выражение для передаточной функции платинового детектора в диапазоне высоких температур:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

где R_t – сопротивление терморезистора, Ом; R_0 – номинальное сопротивление терморезистора, Ом, при температуре 0°C ; коэффициенты A и B определяются свойствами платины (их определение и есть основная задача аппроксимации экспериментальных данных).

Так как аппроксимирующая функция является параболой (количество точек, через которые можно провести лишь одну параболу, равно трём), то для нахождения коэффициентов R_0 , A и B необходимо решить систему трёх линейных уравнений относительно этих коэффициентов:

$$\begin{cases} R_{t_1} = R_0(1 + At_1 + Bt_1^2), \\ R_{t_2} = R_0(1 + At_2 + Bt_2^2), \\ R_{t_3} = R_0(1 + At_3 + Bt_3^2), \end{cases}$$

где R_{t_1} , R_{t_2} , R_{t_3} – сопротивление терморезистора при температуре t_1 , t_2 , t_3 соответственно. После некоторого преобразования можно записать

$$\begin{cases} R_0 + AR_0t_1 + BR_0t_1^2 = R_{t_1}, \\ R_0 + AR_0t_2 + BR_0t_2^2 = R_{t_2}, \\ R_0 + AR_0t_3 + BR_0t_3^2 = R_{t_3}, \end{cases}$$

Запишем данную систему уравнений в матричном виде

$$\begin{pmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 \\ 1 & t_2 & t_2^2 \\ 1 & t_3 & t_3^2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R_0 \\ AR_0 \\ BR_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{t_1} \\ R_{t_2} \\ R_{t_3} \end{pmatrix},$$

для полученных экспериментальных данных

$$\begin{aligned} R_0 &\approx 99,982433 \approx 99,982430\text{Ом} \\ A &= \frac{AR_0}{R_0} \approx \frac{0,397622}{99,982433} \approx 3,97692 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \\ B &= \frac{BR_0}{R_0} \approx \frac{-6,421777 \cdot 10^{-5}}{99,982433} \approx -6,42291 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2} \end{aligned}$$

Сравнивая полученные результаты со значениями из ГОСТ 6651-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний» $R_0 = 100$ Ом, $A = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ и $B = -5,841 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$, видно, что погрешность экспериментально полученных значений невелика, и в данном случае для определения сопротивления терморезистора имеем следующее аппроксимирующее уравнение

$$R_t = 99,98243 \cdot (1 + 3,97692 \cdot 10^{-3}t - 6,42291 \cdot 10^{-7}t^2)$$

Составим сравнительную таблицу экспериментальных данных и данных, полученных с помощью аппроксимирующего выражения.

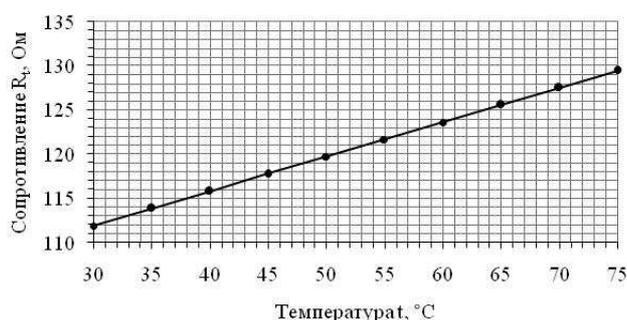


Рис. 3. График зависимости сопротивления R_t , Ом, терморезистора от температуры t , °C

Таблица 2

Сравнительная таблица экспериментальных значений и значений аппроксимации

№ п/п	Температура в термостате, °C	Сопротивление терморезисторов R_t (эксперимент), Ом	Сопротивление терморезисторов R_t (аппроксимация), Ом
1	30	111,85331	111,85330
2	35	113,82124	113,82054
3	40	115,78231	115,78457
4	45	117,74111	117,74538
5	50	119,70301	119,70299
6	55	121,65290	121,65739
7	60	123,60246	123,60857
8	65	125,55321	125,55655
9	70	127,50112	127,50131
10	75	129,44289	129,44286

Как видно из таблицы отклонение численных данных от опытных невелико.

Проиллюстрируем графически полученный результат.

Точками на графике изображены экспериментальные значения, а прямой линией – аппроксимирующие. Из данного графика видно, что функциональная зависимость между температурой и сопротивлением достаточно линейна. Это обусловлено очень малым значением коэффициента B при квадратном члене полинома, который обуславливает квадратичную зависимость, по сравнению с коэффициентом A при члене первой степени, который обуславливает линейную зависимость.

Рассмотрим ещё один параметр, характеризующий работу терморезистора сопротивления, а именно, температурный коэффициент термопреобразователя сопротивления α . Он показывает относительное приращение сопротивления терморезистора при изменении температуры на единицу или, другими словами, температурный коэффициент α выражает в процентах изменение абсолютной величины сопротивления при изменении температуры на 1°С. В общем виде определяется по формуле

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \frac{dR_t}{dt}, C^{-1}$$

или

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \frac{dR_t}{dt} \cdot 100, \%$$

Для расчётного метода по экспериментальным данным используется приближённая формула

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \frac{\Delta R_t}{\Delta t}, C^{-1}$$

или

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \frac{\Delta R_t}{\Delta t} \cdot 100, \%$$

где R_t – сопротивление терморезистора, Ом; dR_t – дифференциал сопротивления терморезистора, Ом; dt – дифференциал температуры, °С; ΔR_t – приращение сопротивления терморезистора, Ом; Δt – приращение температуры, °С. В случае, если график, построенный по экспериментальным значениям, достаточно линейный, то возможно использовать первую группу формул, найдя производную этой линейной зависимости, так как в данном случае и первая и вторая группы формул идентичны. Для нахождения ТКС α по аппроксимирующей зависимости воспользуемся первыми двумя формулами, а для нахождения ТКС α по опытным данным – последними двумя. Найдём производную от

$$\begin{aligned} R_t &= R_0(1 + At + Bt^2) \\ (R_t)'_t &= [R_0(1 + At + Bt^2)]'_t = \\ &= R_0(A + 2Bt), \end{aligned}$$

тогда для имеющейся аппроксимирующей функции получим:

а) в начале полученной характеристики

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{R_{t_1}} \frac{dR_t}{dt} = \frac{1}{111,85330} \cdot 99,98243 \cdot \\ &\cdot (3,97692 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 6,42291 \cdot 10^{-7} \cdot 30) \approx 3,52041 \cdot 10^{-3}, C^{-1} \end{aligned}$$

или

$$\alpha = \frac{1}{R_{t_1}} \frac{dR_t}{dt} \cdot 100 \approx 0,352, \%$$

б) в конце полученной характеристики

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{R_{t_{10}}} \frac{dR_t}{dt} = \frac{1}{129,44286} \cdot 99,98243 \cdot \\ &\cdot (3,97692 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 6,42291 \cdot 10^{-7} \cdot 75) \approx 2,99738 \cdot 10^{-3}, C^{-1} \end{aligned}$$

или

$$\alpha = \frac{1}{R_{t_{10}}} \frac{dR_t}{dt} \cdot 100 \approx 0,3, \%$$

То есть для полученного аппроксимирующего полинома ТКС α будет изменяться в пределах от $\approx 0,352, \%$ до $\approx 0,3, \%$ в диапазоне температур от 30 до 75, °С.

Найдём ТКС α по экспериментальным значениям. Так как график, построенный по экспериментальным значениям, является вполне линейным, то мы можем найти производную по температуре этой линейной зависимости, а затем вычислить ТКС

а) в начале полученных данных

$$\begin{aligned} \alpha &\approx \frac{1}{R_{t_1}} \frac{\Delta R_t}{\Delta t} = \frac{1}{R_{t_1}} \cdot \frac{R_{t_{10}} - R_{t_1}}{t_{10} - t_1} = \frac{1}{R_{t_1}} \cdot \frac{129,44289 - 111,85331}{75 - 30} = \\ &= \frac{0,39088}{R_{t_1}} = \frac{0,39088}{111,85331} \approx 3,49458 \cdot 10^{-3}, C^{-1} \end{aligned}$$

или

$$\alpha = \frac{0,39088}{R_{t_1}} \cdot 100 \approx 0,349, \%$$

б) в конце полученных данных

$$\alpha = \frac{0,39088}{R_{t_{10}}} = \frac{0,39088}{129,44289} \approx 3,01971 \cdot 10^{-3}, C^{-1}$$

или

$$\alpha = \frac{0,39088}{R_{t_1}} \cdot 100 = \frac{0,39088}{129,44289} \cdot 100 \approx 0,302, \%$$

То есть для полученных экспериментальных данных ТКС α будет изменяться в пределах от $\approx 0,349, \%$ до $\approx 0,302, \%$ в диапазоне температур от 30 до 75, °С. Сравнивая полученные разными методами значения – по аппроксимирующему полиному и экспериментальным данным, видно что они отличаются между собою в районе четвёртого знака после запятой, что является приемлемым, поэтому для приближённых расчётов ТКС можно представлять зависимость сопротивления платинового терморезистора от температуры в виде линейной функции и пользоваться формулой

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \cdot \frac{R_{t_n} - R_{t_1}}{t_n - t_1},$$

где R_t – сопротивление терморезистора, Ом; R_{t_1} – сопротивление терморезистора, Ом, при температуре начала измерений t_1 , °С; R_{t_n} – сопротивление терморезистора, Ом, при температуре окончания измерений t_n , °С.

В ходе проведения исследования была изучена статическая характеристика платинового терморезистора с положительным ТКС. Было выяснено, что для приближённых расчётов удобно представлять зависимость электрического сопротивления терморезистора от температуры в виде линейной функции, если же поставленная задача требует более точных результатов расчётных данных, то необходимо представлять статическую характеристику платинового терморезистора в виде полинома второй степени и методами, изложенными выше, аппроксимировать совокупность экспериментальных точек в данном диапазоне измерений.

Список литературы:

1. Дж. Фрайден Современные датчики. Справочник. – Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Э.Д. Мэглин Терморезисторы: Пер. с англ./Под общей редакцией К.И. Мартюшова. – М.: Радио и связь, 1983. – 208 с., ил.
3. В.П. Преображенский Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». – 3-е изд., перераб. – М.: «Энергия», 1978. – 704 с., ил.
4. Шефтель И. Т. Терморезисторы. – М.: 1973. – 416 с.

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

*В.А. Татаринцев, к.т.н, доц., А.К. Толстошеев, к.т.н, доц.
Брянский государственный технический университет, г. Брянск
241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, тел. (4832) 58-82-12
E-mail: v_a_t52@mail.ru*

Аннотация: Рассмотрена оценка надёжности при отказах его элементов от усталости, основанная на моделировании процесса усталостного разрушения с учетом его двухстадийности, ремонтного цикла объекта и диагностики трещин. Приведена схема алгоритма моделирования двух типов отказов восстанавливаемого объекта с использованием метода статистических испытаний. Приведён пример количественной оценки надёжности грузового вагона по отказам тягового хомута автосцепного устройства.

Abstract: Evaluation of reliability of the restorable object with failures of its elements from fatigue is considered. This evaluation is based on modelling of the process of fatigue Failure with regard for its two-stage character, repair cycle of the object and diagnosis of cracks. A scheme of algorithm for modelling of two types of failures of the restorable object using the method of statistical tests is presented. An example of a quantitative assessment of the reliability of freight cars in case of failure of the traction yoke of the automatic coupler arrangement is given.

Ключевые слова: восстанавливаемый объект, надёжность, усталость, трещина, диагностика, ремонтный цикл, автосцепное устройство.

Keyword: recoverable object, reliability, fatigue, crack, diagnostics, repair cycle, automatic couple.

Оценка надёжности элементов в эксплуатации является длительным и трудоемким процессом. Экспериментальная оценка надёжности элементов машин в лабораторных условиях связана со сложностью испытательного оборудования и воспроизведения всего многообразия эксплуатационных факторов, влияющих на процесс разрушения. Трудности оценки показателей надёжности элементов машин на ранних стадиях их создания общеизвестны [1, 2]. Наибольшее распространение получили испытания, позволившие изучить влияние основных факторов на развитие разрушения и физическую природу отказов элементов машин. Результаты этих испытаний послужили основой для разработки расчетных методов прогнозирования надежности объектов транспорта и их элементов [3–5]. Большое развитие получили методы прогнозирования надежности по появлению усталостной трещины [2, 3]. В меньшей степени разработаны методы расчета показателей надежности на стадии развития такой трещины [4–6]. Необходимость рассмотрения стадии развития усталостной трещины связана с решением задач конструктивного и организационного обеспечения надежности: выбор материала и формы сечений; определение допускаемых размеров технологических дефектов и эксплуатационных трещин; назначение периодичности и объема диагностирования и ремонта.

Целью настоящего исследования является разработка методики оценки надёжности восстанавливаемых элементов машин на основе моделирования процесса усталостного разрушения. Методика включает разработку модели, ее изучение и анализ, а также исследование объекта помощью этой модели. Причем, если преобразования процессов в математической модели и реальном объекте в исследуемых условиях аналогичны, то говорят об имитационном моделировании. Среди известных методов расчета показателей надежности наиболее универсальным и эффективным является метод статистических испытаний (метод Монте-Карло).

В основу моделирования положены: план наблюдений за объектами; стохастические модели процессов разрушения, приводящих к неисправностям и отказам; ремонтный цикл машин и способ её восстановления; диагностика повреждений и вероятностное описание разрешающей способности ее средств. План наблюдений выбирают по ГОСТ 17510 в зависимости от вида объекта, условий эксплуатации и экономической целесообразности. При компьютерном имитационном моделировании на трудности, присущие натурным стендовым или эксплуатационным испытаниям на надежность, отсутствуют, что позволяет в принципе реализовать любой план наблюдений за объектами.

Выбор математической модели процесса разрушения строго увязывают с физической природой отказа рассматриваемого элемента. Например, для постепенных прочностных отказов используют кумулятивные модели накопления повреждений [2, 3], для внезапных – модели типа нагрузка – несущая способность [4, 13] и др. Математическая модель отказа должна отражать влияние всех значимых факторов на процесс разрушения. Так, при прочностных отказах важно кроме силовых факторов учитывать влияние на процесс разрушения случайных колебаний и систематических изменений эксплуатационных температур, коррозионного и других воздействий окружающей среды. Применение метода статистических испытаний при усталостном разрушении позволяет с помощью единого подхода осуществить моделирование наработки до образования трещины и продолжительности ее развития в исследуемом элементе. Например, используя на первой стадии усталостного разрушения скорректированную линейную модель накопления повреждений [3], статистическое распределение наработки до появления трещины T_1 получим путем обработки результатов многократных расчетов по формуле

$$T_1 = \frac{a_p \sigma_{-1D}^m N_{GD}}{v_o \sum_{\sigma_{ai} > \sigma_{-1D}} \sigma_{ai}^m t_i},$$

где a_p – критическое значение повреждаемости; σ_{LD} – предел выносливости детали; N_{GD} – абсцисса точки перелома кривой усталости детали; m – показатель степени кривой усталости; v_6 – количество циклов в блоке нагружения; σ_{ai} , t_i – соответственно i -й уровень напряжений и его относительная продолжительность в блоке.

Часть вышеперечисленных параметров – случайные величины, и в каждом расчете их значения выбираются из соответствующих статистических распределений по правилам метода Монте-Карло.

Началу второй стадии процесса разрушения случайным образом ставится в соответствие длительность первой стадии при допущении равенства длин всех появившихся к этому моменту усталостных трещин и независимости двух стадий процесса разрушения. Ввиду сложности влияния режима нагружения и окружающей среды на трещиностойкость возникает необходимость в постановке специальных экспериментов с целью построения статистических моделей роста усталостных трещин с учетом этих факторов. При моделировании второй стадии процесса разрушения может быть использован поцикловой расчёт прироста трещин. Математическую модель процесса разрушения объекта представляют в форме алгоритма, реализуемого на компьютере с помощью соответствующей программы.

В технической документации ремонтный цикл машин обычно задают в виде детерминированной во времени последовательности плановых технических обслуживания и ремонтов с указанием способов восстановления изделия после обнаружения неисправностей или отказов. Там же оговариваются неразрушающие методы контроля для обнаружения неисправностей (повреждений) и частота такого контроля в межремонтный период. При моделировании разрешающая способность средств контроля описывается в форме зависимости вероятности обнаружения повреждения от его величины, например, в виде

$$P_l = \begin{cases} 0, & \text{при } l \leq l_0; \\ 1 - \exp[-(l - l_0)^\beta / l_0^\beta], & \text{при } l > l_0 \end{cases} \quad (1)$$

где P_l – вероятность выявления трещины длиной l ; l_0 – минимальная длина, определяемая выбранным методом обнаружения (порог чувствительности диффектоскопии); β – параметр, определяемый экспериментально.

Рассмотрим общую схему алгоритма моделирования отказов машин или её элементов, приведённую в форме компьютерной имитации определительных испытаний на надёжность по планам типа NUT или NRT. В соответствии с этим N изделий испытывают в течение задан-

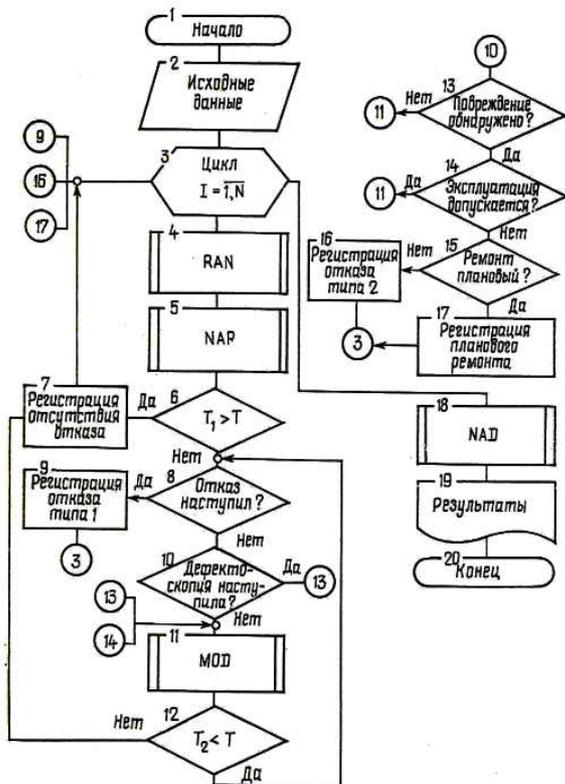


Рис. 1. Схема алгоритма моделирования постепенных отказов от усталости с учётом ремонтного цикла и диагностики трещин

ного времени T , причем план наблюдений NRT в отличие от плана наблюдений NUT предусматривает восстановление отказавших изделий.

Исходными данными для моделирования отказов (на рис. 1 блок 2) являются статистические характеристики внешних воздействий на объект, параметры свойств объекта, моделей разрушения, ремонтного цикла, а также количество испытываемых объектов N и время испытаний T . В процедуре RAN (блок 4) по правилам метода Монте-Карло «разыгрывают» индивидуальные свойства элементов машин (геометрические характеристики сечений, механические свойства и др.). Процедура NAR (блок 5) предусматривает оценку индивидуальной наработки T_1 элемента до образования начального повреждения – первой макроскопической трещины малых размеров. В этой процедуре для каждого элемента реализуют одну из моделей процесса разрушения, приводящего к появлению такого повреждения. Если для данного элемента характерны различные по природе отказы, то соответственно процесс его разрушения описывают

с помощью нескольких моделей. Если наработка T_1 больше времени испытаний T , то регистрируют отсутствие отказа данного элемента в испытаниях. Если же $T_1 < T$ и удовлетворено некоторое условие отказа (блок 8), например, начальным повреждением является полное разрушение детали от перегрузки, то регистрируют отказ типа 1. Характерная особенность отказа этого типа – внезапное прерывание технологического процесса, в котором принимает участие данный объект.

Если начальное повреждение не привело к отказу, а момент дефектоскопии ещё не наступил, то в процедуре MOD (блок 11) имитируют эксплуатационное нагружение объекта и по соответствующим моделям роста повреждений оценивают величину повреждения в момент времени $T_2 = T_1 + \Delta t$ (Δt – шаг времени эксплуатации). При соблюдении условия $T_2 < T$ (блок 12) следует возврат к блоку 8. Если условия блоков 8 и 10 опять не соблюдаются, то блок 11 повторяют с тем же шагом Δt . В случае наступления момента дефектоскопии на основе ее вероятностной модели разыгрывают ситуацию контроля (блок 13) с двумя исходами: а) повреждение обнаружено, переход к блоку 14; б) повреждение не выявлено, переход к блоку 11 с продолжением эксплуатации. Если эксплуатацию с обнаруженным повреждением не допускают, то необходимо провести неплановый ремонт (блок 15, «нет») с соответствующими экономическими издержками (отказ типа 2) или плановый (блок 15, «да»), если дефектоскопию осуществляют в этом виде ремонта. В таком случае повреждение не приводит к отказу машин.

Блоки 4–17 повторяют N раз. Результаты моделирования, адекватные данным наблюдений за объектом в эксплуатации, регистрируют в блоках 7, 9, 16. При этом наработки T_1 и T_2 могут оцениваться с учётом возможных простоев машин и времени восстановления. В процедуре NAD (блок 18) по общим правилам вычисляют показатели надёжности в соответствии с принятым планом наблюдений и затем выводят их на печать (блок 19).

Описанный алгоритм применяли для оценки надёжности железнодорожного грузового вагона по усталостным отказам одного несущего элемента – тягового хомута автосцепного устройства. Предварительно проводили анализ работы отдельных элементов алгоритма и программы, в частности математической модели процесса усталостного разрушения тягового хомута. В рамках этого анализа проверяли работоспособность схемы розыгрыша эксплуатационных температур, представленных в виде двух участков, на одном из которых температура изменялась от максимального значения до минимального (переход от летнего к зимнему сезону), а на другом – наоборот от зимнего к летнему. Учитывали суточные и четырехсуточные периоды колебаний температуры. Рассматривали работу схемы имитации присутствия атмосферной влаги и ее влияния на характеристики трещиностойкости.

Модель процесса усталостного разрушения исследовали следующим образом. Для каждого испытуемого объекта по правилам метода Монте-Карло разыгрывали геометрические размеры, механические свойства материала, параметры кривой усталости тягового хомута по опасному сечению – зоне перехода тяговой полосы в проушину под клин. Предварительно строили блок нагруженности хомута в амплитудах номинальных напряжений, которые оценивали по экспериментальным данным. Затем по известному методу линейного суммирования усталостных повреждений с корректировкой предельной суммы накопленных повреждений [5] определяли индивидуальную наработку T_1 данного тягового хомута до появления начального повреждения в виде макротрещин длиной $l_0 = 1$ мм (блок 5).

Условие отказа типа 1 (блок 8) имеет вид

$$K \geq K_{fc}, \quad (2)$$

где K , K_{fc} – соответственно коэффициент интенсивности напряжений (КИН) в опасном сечении с трещиной и его критическое значение при циклическом нагружении.

КИН оценивали с помощью метода сечений [8]. Критическое значение КИН сначала определяли экспериментально на образцах. Затем с учетом поправок, оценивающих влияние на вторую критическую температуру хрупкости концентрации напряжений, масштабного фактора и циклической повреждаемости материала, рассчитывали по зависимостям [3] критическое значение КИН тягового хомута.

Моделирование роста усталостных трещин в блоке 11 осуществляли с использованием кинетических уравнений диаграмм усталостного разрушения, выраженных в размахх КИН:

$$\frac{dl}{dN} = \begin{cases} 0, & \text{если } \Delta K \leq \Delta K_{th}; \\ 10^7 [(\Delta K - \Delta K_{th}) / (\Delta K^* - \Delta K_{th})]^n, & \Delta K > \Delta K_{th}, \end{cases} \quad (3)$$

где dl/dN – скорость роста усталостной трещины; ΔK – размах КИН в цикле нагружения; ΔK_{th} – пороговое значение ΔK , ΔK^* , n – параметры, определяемые экспериментально.

Средние значения ΔK_{th} , ΔK^* , n оценивали с помощью интерполяционных моделей вида (4), полученных по результатам полного факторного эксперимента типа 2^3 на плоских призматических образцах, вырезанных из тяговых полос хомутов [7]. Модели, отражающие влияние перегрузок (фактор X_1); асимметрии цикла (фактор X_2) и влаги (фактор X_3) на циклическую трещиностойкость, в кодированной форме имеют вид

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3, \quad (4)$$

где Y – средние значения параметров циклической трещиностойкости ΔK_{th} , ΔK^* , n , входящих в выражения (3); $X_1 = 0,5\Delta K_n/\Delta K$; $X_2 = 1,25(R + 0,2)$; b_j – коэффициенты регрессии, представленные в табл. 1.

Подрастание трещины оценивали за каждый цикл нагружения. В цикле разыгрывали значения продольного усилия на тяговом хомуте, эксцентриситета его приложения, эксплуатационной температуры, фактора наличия влаги, параметров трещиностойкости. Статистические распределения параметров трещиностойкости принимали нормальными. Проверяли условие отказа типа 1 (2); если оно при данных длине трещины и условиях эксплуатации не соблюдалось, вычисляли приращения длины трещины за одно нагружение по формуле (3).

Розыгрыш эксплуатационных температур осуществляли с учетом их естественных сезонных колебаний в течение года. Розыгрыш фактора наличия влаги основывали на двух противоположных случайных событиях с соответствующими вероятностями их появления: влага есть в зоне трещины и влаги нет (фактор X_3 – соответственно равен +1 и –1).

По результатам моделирования процесса усталостного разрушения 58 тяговых хомутов из стали 20Л и 20 тяговых хомутов из стали 20ГЛ со сквозными и поверхностными трещинами в тяговых полосах получены распределения критических длин усталостных трещин и живучести. Рассчитаны средние значения и дисперсии критических длин усталостных трещин и живучести (табл. 2), которые для стали 20Л оказались близкими к эксплуатационным.

Таблица 1

Значения коэффициентов в модели (4)

Расчётный параметр трещиностойкости	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
ΔK_{th} , МПа $\sqrt{м}$	<u>13,19</u>	<u>3,44</u>	<u>-0,81</u>	<u>-1,06</u>	<u>-0,31</u>	<u>-0,31</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>
	14,06	3,19	-0,69	-1,06	-0,56	-0,19	0,0	0,31
ΔK^* , МПа $\sqrt{м}$	<u>25,33</u>	<u>10,00</u>	<u>-1,29</u>	<u>-3,75</u>	<u>-1,69</u>	<u>-0,92</u>	<u>-0,98</u>	<u>-0,38</u>
	31,59	14,71	-0,26	-4,73	0,26	-2,90	-0,48	-0,88
n	<u>1,32</u>	<u>-0,07</u>	<u>0,03</u>	<u>0,07</u>	<u>-0,05</u>	<u>-0,30</u>	<u>0,17</u>	<u>0,0</u>
	1,62	-0,32	0,15	0,16	0,06	-0,12	0,19	-0,20

Примечания. 1. Над чертой приведены данные для стали 20Л, под чертой – для стали 20ГЛ.

2. 0,0 – статистически незначимый коэффициент.

Таблица 2

Статистические характеристики сопротивления развитию усталостных трещин

Марка стали	Критические длины усталостных трещин		Длительность развития усталостной трещины до разрушения	
	l_k , мм	$S_{l_k}^2$, мм ²	Лж, мес.	$S_{Lж}^2$, мес. ²
20Л	37,6	8,57	5,3	5,94
	47,3	3,46	9,7	10,5
20ГЛ	51,9	12,85	2,7	0,76
	74,2	12,82	5,4	4,5

Примечание. Над чертой приведены данные для сквозной трещины, под чертой – для эллиптической.

Ниже изложены результаты моделирования испытаний на надежность железнодорожного грузового вагона по отказам, связанным с усталостным разрушением (разрывом) тягового хомута. Исходные данные представляли в виде статистических распределений внешних воздействий (продольные силы, эксцентриситеты их приложения, эксплуатационные температуры, влага), механических свойств материала, геометрических параметров детали, характеристик усталости и живучести, ремонтного цикла вагона, разрешающей способности дефектоскопии. Статистические распределения внешних воздействий представляли в табличной форме. Учитывали постановку на вагон двух тяговых хомутов.

Интервал времени между плановыми ремонтами принимали равным одному году. Дефектоскопию детали в межремонтный период в связи с ее конструктивным расположением в вагоне исключали. Моделирование испытаний на надежность проводили по плану наблюдений NRT. Продолжительность испытаний принимали равной 33 годам эксплуатации.

Число нагружений растягивающими силами за один год эксплуатации составляло 17500. Предполагали, что магнитопорошковый или феррозондовый методы дефектоскопии тяговых хомутов в плановом (деповском) ремонте позволяет выявить усталостные трещины с вероятностью P_l , определяемой в зависимости от длины трещины l по формуле (1) с учётом рекомендаций [5] при $l_0 = 1$ мм:

$$P_l = \begin{cases} 0, & \text{если } l \leq 1 \text{ мм;} \\ 1 - \exp[-0,58(l-1)], & \text{если } l > 1 \text{ мм} \end{cases}$$

Поскольку в межремонтный период дефектоскопия этой детали не проведена, отказы типа 2 отсутствуют.

Планировали испытания двух выборок грузовых вагонов, оборудованных тяговыми хомутами из нормализованных сталей 20Л и 20ГЛ. Необходимый минимальный объем выборки оценивали по формуле

$$N \geq \frac{\ln(1-P)}{\ln P(T)},$$

где P – доверительная вероятность; $P(T)$ – ожидаемая вероятность безотказной работы за время испытаний.

Полагая $P(T) = 0,99$ при $T = 33$ года и $P = 0,99$, получим $N \geq 458$.

Моделировали испытания на надёжность 500 вагонов, оборудованных тяговыми хомутами из сталей 20Л (первый вариант) и 20ГЛ (второй вариант). По результатам моделирования (рис. 2) рассчитывали показатель безотказности грузового вагона (параметр потока отказов) $\omega(t) = \frac{\Delta n}{N \cdot \Delta t}$ и вероятность безотказной работы $P(t) = [1 - n(t)]/N$, где $n(t)$, Δn – соответственно число отказов за время t и за интервал времени Δt .

Анализ зависимостей, представленных на рис. 3а, показывает, что при отсутствии диагностики в межремонтный период поток отказов вагона нестационарен, параметр потока отказов монотонно возрастает с увеличением наработки. Благодаря введению диагностирования трещин в середине межремонтного периода частота отказов вагона уменьшается примерно в три-четыре раза (рис. 3б), при этом поток отказов близок к стационарному. Частота отказов при использовании на вагонах тяговых хомутов из стали 20ГЛ в два-три раза выше, чем из стали 20Л, что связано с ее худшей сопротивляемостью развитию трещины. При небольших наработках (до пяти-шести лет) сталь 20ГЛ благодаря более высоким характеристикам обладает преимуществами по сравнению со сталью 20Л.

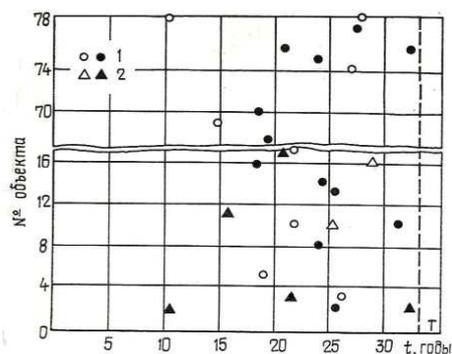


Рис. 2. Фрагмент плана наблюдений NRT: 1 – сталь 20Л; 2 – сталь 20ГЛ. (Светлые точки – плановый ремонт, темные – отказ вагонов)

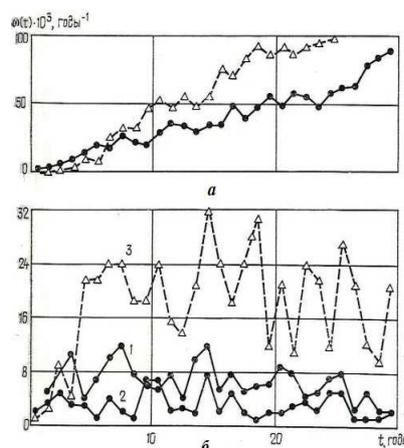


Рис. 3. Параметр потока отказов вагонов при отсутствии (а) и наличии (б) диагностики (интервал между диагностическими осмотрами один год (1, 3) и полгода (2)). Сплошные линии – сталь 20Л, штриховые – сталь 20ГЛ

Выводы

1. В исследовании использован метод Монте-Карло для моделирования испытаний на надежность элементов машин с периодическим обслуживанием, в основе которого лежат план наблюдений, стохастические модели процессов разрушения, приводящих к появлению неисправностей и отказов, ремонтный цикл машины и способ восстановления, диагностика повреждений и вероятностное описание разрешающей способности её средств.
2. Алгоритм оценки надежности реализован на примере отказов грузового вагона вследствие усталостного разрушения одного из его элементов – тягового хомута. Моделирование наработки до появления усталостной трещины осуществляли по корректированной линейной модели накопления повреждений, моделирование живучести – на базе построенных с помощью специального многофакторного эксперимента статистических моделей, характеризующих влияние на скорость роста трещины эксплуатационных факторов (размаха КИН, перегрузки, асимметрии цикла и влаги).
3. Полученные количественные значения показателей безотказности для вагонов, оборудованных тяговыми хомутами из нормализованных сталей 20Л и 20ГЛ, позволяют заключить (рис. 3), что примерно до 5...7 лет их величины отличаются незначительно, а после этой наработки преимущество хомутов из стали 20ГЛ существенно возрастает. Сокращение интервала между диагностическими осмотрами в два раза приводит к уменьшению значений параметра потока отказов в среднем на 30...40 %.

Список литературы:

1. Труханов В.М., Матвеев А.М. Надёжность сложных систем на всех этапах жизненного цикла: монография / под ред. В.М. Труханова. – 2-е изд. – М.: Спектр, 2016. – 663 с.
2. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчёты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
3. Березин И.Я., Порошин В.Б. Прогнозирование надёжности конструкций с учётом стадии докритического развития усталостных трещин // Вестник Ю-УрГУ. Сер.: Математика. Механика. Физика. Вып. 6. 2012. № 11 (270). С. 42–46.
4. Болотин В.В. Надёжность обнаружения трещин и трещиноподобных дефектов// Машиноведение. 1984. № 2, С. 65–70.
5. Татаринцев В.А. Моделирование испытаний на надёжность элементов машин//Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сб. науч. трудов XI Междунар. науч.-практ. Конф.: в 4-х томах. Т.4. Отв. ред. Горохов А.А. 2014. С. 172–176.

6. Татаринцев В.А., Толстошеев А.К. Влияние эксплуатационных факторов на циклическую трещиностойкость сталей литых корпусов запорной арматуры // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2014. № 1(37). С. 102 – 107.
7. Морозов Е.М., Костенко П.В. Метод сечений для расчёта натуральных деталей с трещинами // Заводская лаборатория: Диагностика материалов. 1999. № 7. С. 31–33.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОШПИНДЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е.П.Дьяченко, А.В. Рыбаков, к.т.н., доцент

АО «Научно-исследовательский инженерный институт»

143912, г. Балашиха, Западная промзона, Шоссе Энтузиастов, д.6

E-mail: E.p.dyachenko@mail.ru

Аннотация: Представлены особенности проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ при использовании параметрического программирования. Предложен унифицированный способ получения типовых элементов обработки, описываемых макрокомандами. Сформированы принципы построения фрагментов управляющих программ для конструктивных элементов детали с внесением условий обработки в рабочий код.

Abstract: The features of the design of control programs for CNC machines using parametric programming are presented. A unified method for obtaining typical processing elements described by macros is proposed. The principles of constructing fragments of control programs for the structural elements of the part with the inclusion of processing conditions in the working code are formed.

Ключевые слова: ЧПУ, автоматизация, параметрическое программирование, механическая обработка, резание.

Key words: CNC, automation, parametric programming, machining, cutting.

Повышение требований к качеству выпускаемой продукции неизбежно влечет за собой тенденцию к переоснащению производственных мощностей и, как следствие закупку современного программного обеспечения. Рассматривая как пример опытное машиностроительное производство можно заметить, что выбор современных обрабатывающих центров при покупке определяется главным образом характеристиками приобретаемых станков. Наилучшее оборудование по возможностям обработки часто работает под управлением разных систем ЧПУ либо имеют различную кинематическую конфигурацию. Второстепенной же является задача по интеграции станков в производственный процесс предприятия.

На сегодняшний момент поставщики САМ-систем предлагают широкий выбор своих продуктов для любой системы ЧПУ. Закупка программного обеспечения включает в себя стоимость самой САМ-системы и постпроцессора для каждого станка предприятия.

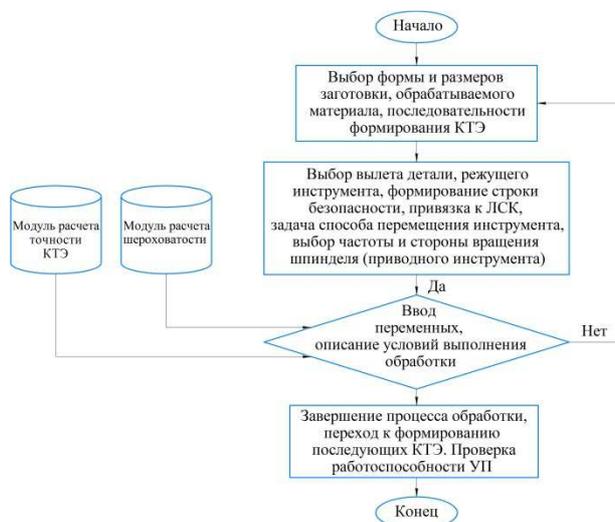


Рис. 1. Типовая схема построения УП

По экономическим соображениям, сохраняя приоритеты опытного производства, оптимальным решением является использование способа программирования станков на основе модульного описания переходов обработки. Способ проектирования управляющих программ (УП) основан на описании типовых переходов обработки, с указанием середины поля допуска траектории инструмента, возможностью выбора шероховатости получаемых поверхностей [1]. Так же в конструктив построения кода предполагает наличие нестандартных элементов (притупление острых кромок, закругления обработки перехода до определенной величины и т.д.).

Способ реализуется на основе лингвистического описания конструкторско-технологических элементов (КТЭ) поверхности детали, где пользователь может указывать линейные и диаметральные размеры с указанием качества обработки, а так же выбрать шероховатость указанных поверхностей. Система работает с любыми системами ЧПУ и имеет возможности технологического расширения функционала за счет использования языка макропрограммирования [2]. Использование макросов позволяет описать процесс механической обработки конструктивного элемента любой сложности, представив его в виде параметрически заданного шаблона управляющей программы. Это в значительной мере облегчает процесс использования шаблонных кодов, т.к. движения режущего инструмента в подпрограммах прописаны с учетом коррекции инструмента на его радиус. Следовательно, при выполнении фрезерных операций в лабораторном практикуме, входящем в состав отдельного модуля автоматизированной системы представлен список диаметров режущего инструмента для выполнения конкретного элемента. На рисунке 2 представлен фрагмент управляющей программы обработки поверхности «Цилиндр», сформированный с помощью параметрического программирования и оформленный в удобной для пользователя структуре кадров. Применимое условие в цикле обработки указывает на два возможных логических исхода. В первом случае если параметр, отвечающий за выполнение фаски равен нулю – происходит обработка цилиндра без фаски. Второй случай предполагает, что числовое значение параметра фаски будет фактически определять линейное перемещение инструмента в процессе обработки по контуру, включающему значение фаски.

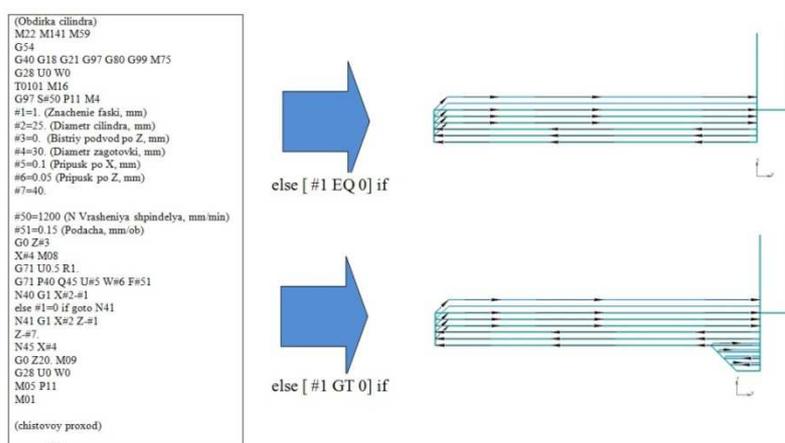


Рис. 2. Пример использования макропрограммирования системы FANUC

Используя данный язык формирования рабочей программы можно описывать обработку 2-2,5D-контуров различной степени сложности. Кодовое представление процесса обработки деталей токарно-фрезерной группы подобным образом (с применением параметризации чертежных значений) является сложным для понимания его содержательной части после отработки элемента станом. На основе положенной идеи разработана система автоматизированного формирования УП, которая помимо модулей обработки имеет в своем составе базы данных по выбору режущего инструмента, а так же руководство пользователя.

Наиболее важная задача уменьшения компрессии кода при автоматическом формировании рабочей программы решается уплотнением кадров при их высокой информационной нагрузке. Использование параметризации позволяет создавать шаблоны УП, не требующие корректировки при отработке. Такие фрагменты применимы при проектировании программ для обработки любых деталей,

состоящих из описанных форм. Однако при всех достоинствах применения параметров при программировании, анализировать полученную часть программы довольно проблематично. Принцип построения унифицированного контура перемещения режущего инструмента при обработке наружной резьбы представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Структурное представление параметрического описания точения наружной резьбы

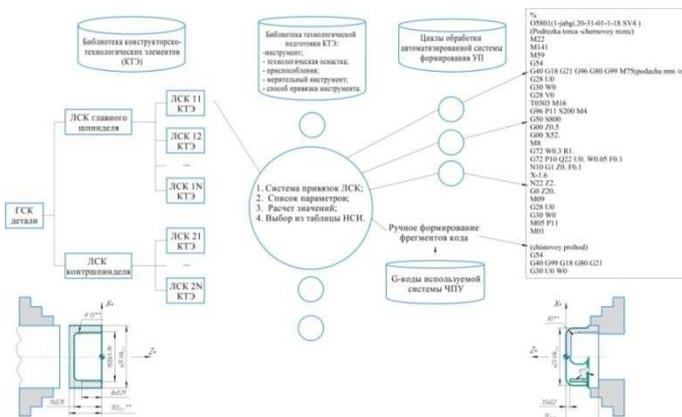


Рис. 4. Функциональная схема используемых информационных баз

Автоматизация процесса проектирования управляющих программ возможна для станков, кинематическая схема которых известна и вспомогательные команды для каждого из шпинделей указаны в шаблоне. Следовательно, каждый фрагмент обработки того или иного конструктивного элемента будет представлен в двух вариантах (по типу используемого шпинделя). Схематичный пример функционирования системы можно увидеть на рисунке 4.

Описанный способ программирования станков с ЧПУ подходит для оперативного обучения основам формирования УП молодых специалистов, а так же значительно сокращает время написания управляющих программ. Выбранный способ формирования рабочих программ для станков с ЧПУ особенно актуален для опытного производства, отличительной особенностью которого является оперативное внесение изменений в чертежи в процессе отработки качественных и конструктивных параметров выпускаемого изделия.

Список литературы:

1. Дьяченко Е.П., Рыбаков А.В., Шурпо А.Н. «Разработка управляющих программ методом ранжирования требований к конструкторско-технологическим элементам на основе различных САПР». Вестник брянского государственного технического университета №2 (55) 2017.
2. Юсупов Ж.А. «Параметрическое программирование обработки на станках с ЧПУ». Сборник трудов международной научно-практической конференции «Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности»

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ГАЗОМОТОРНОЙ ОТРАСЛИ В СНГ И ДАЛЬНЕМ ЗАРУБЕЖЬЕ

Г.Я. Мусафирова, к.т.н., доц., Г.К. Юшкевич, студ.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
230023, г.Гродно ул. Ожешко, 22, тел. +375152- 68-41-09

E-mail: musafirova_gy@grsu.by

Аннотация: В статье даётся оценка состояния внедрения в СНГ и дальнем зарубежье сжиженного природного газа в качестве моторного топлива. Природный газ – эффективное топливо для транспорта: в отличие от бензина он не имеет токсичных и канцерогенных добавок, соединений свинца, бензола, поэтому он не загрязняет окружающую среду. Двигатели, работающие на сжатом природном газе и практи-

чески вся выхлопная система автомобиля, включая глушитель имеют почти в два раза больший срок службы, к тому же топливо не замерзает даже при экстремально низких температурах.

Abstract: The article provides an assessment of the status of introduction of liquefied natural gas in the CIS and abroad as a motor fuel. Natural gas is an effective fuel for transportation: unlike gasoline, it does not have toxic and carcinogenic additives, lead compounds, benzene, so it does not pollute the environment. Compressed natural gas engines and virtually the entire exhaust system of a car, including the muffler, have almost twice the service life, and the fuel does not freeze even at extremely low temperatures.

Ключевые слова: газомоторное топливо, сжиженный природный газ, бензин, дизтопливо, испаритель, автомобильный криобак.

Keyword: gas engine fuel, liquefied natural gas, gasoline, diesel fuel vaporizer, automobile cryoback.

В настоящее время в мире основным источником энергии является нефть и её продукты. Запасы нефти не безграничны, а её потребление уже достигло критической точки, в связи с чем всё большее количество стран переходят на экологически чистые источники энергии. Одним из таких источников является природный газ (ПГ). Так как основным продуктом нефти является топливо для транспорта, то природный газ необходимо рассматривать как топливо для транспорта. Следует отметить, что сейчас более 80 стран используют ПГ в качестве газомоторного топлива и более 20 млн. автомобилей работают на голубом топливе. Автомобили заправляются на 25 тысячах автозаправочных станциях в 3000 городах по всему миру и ещё более 1500 станций находятся в стадии проектирования и строительства. В России уже эксплуатируется 90 тысяч автомобилей на природном газе, существуют 254 станции и ещё 15 находятся в стадии строительства [1-3].

Производство сжиженного природного газа (СПГ) в мире стремительно растёт. СПГ как моторное топливо давно используется во многих странах. В США уже десятки лет карьерные самосвалы «ходят» на СПГ, большегрузные автомобили на СПГ также успешно эксплуатируются в Австралии, Корее и других странах. Транспорт Японии уже готов для заправки российским СПГ, поставки которого будут осуществляться с заводов по сжижению метана (проект «Сахалин-2») [2-5].

Следует отметить: в России работы по использованию СПГ на автотранспорте идут достаточно медленно, так как это поддерживается энтузиазмом специалистов нескольких предприятий: ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха, Московская область), ОАО «НПО Гелиймаш» (г. Москва), ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», ЗАО «Крионорд» (г. Санкт Петербург), ЗАО «Газомотор «ЭКИП» (г. Москва) [3-4]. Более 200 автопроизводителей предлагают специализированные метановые двигатели и устанавливают топливные баки для сжатого или сжиженного природного газа. Интерес автопроизводителей растёт, наиболее яркие примеры из которых следует назвать: «KAMAZ», «Ford», «Scania», «Opel», «GM», «Mercedes Benz», «Toyota», «Hyundai», «Tata», «Fiat» [1].

Природный газ не является новым источником энергии, но все же мировая ситуация со скорым исчерпанием нефти «заставила» мир рассматривать природный газ как эффективное топливо для транспорта. Двигатели, работающие на ПГ, выбрасывают на 20-25% меньше CO₂, чем работающие на топливных нефтехимических продуктах; снижают выбросы углеводородов и их производных на 70-80% и NO_x на 25-30%. ПГ содержит незначительное количество примесей серы, не содержит твердых частиц, других тяжелых металлов. В отличие от бензина, ПГ для транспортных средств не имеет токсичных и канцерогенных добавок, соединений свинца или бензола, поэтому он не токсичен, не загрязняет окружающую среду при использовании его в качестве топлива для транспорта [1].

Многочисленные исследования показали, что двигатель автомобиля работает эффективнее на ПГ, чем на бензине: ПГ для транспортных средств имеет октановое число порядка 125, бензин – 95. Это обеспечивает горение без самовоспламенения: смесь ПГ и воздуха идеально воспламеняется и длительно горит независимо от температуры. Моторное масло, смазывающее двигатель не загрязняется при работе на ПГ, в связи с чем интервалы между заменами масла значительно увеличиваются и свечи зажигания остаются чистыми. При этом следует отметить, что продукты горения ПГ не агрессивны, не повреждают металлы. Поэтому цилиндры двигателя транспорта, работающие на СПГ и практически вся его выхлопная система, включая глушитель имеют почти в два раза больший срок службы, чем на бензиновых двигателях. Двигатель на природном газе работает при любых климатических условиях. Транспортное средство всегда будет готово к использованию, поскольку топливо не замерзает даже при экстремально низких температурах. Природный газ сжижается только при – 163°С [3].

Газовое топливо исключает детонацию в цилиндрах во время периодов быстрого ускорения и вследствие этого уменьшает износ всех металлических поверхностей двигателя, при этом

обеспечивается высокая гибкость производительности автомобиля, как вовремя ускорений, так и при низкой скорости движения.

Учитывая все эти преимущества природный газ «выигрывает» практически по всем параметрам у бензина или дизельного топлива. Почему же природный газ не используется повсеместно в транспорте? Следует отметить, что при использовании природного газа в качестве газомоторного топлива возникает много нюансов, связанных с его хранением. Газ хранится в сжиженном состоянии при температуре – 163°C. Для того чтобы газ подать в двигатель внутреннего сгорания, его необходимо подогреть для перехода в жидкое состояние. Этот процесс называется испарением, который происходит в испарителе. Рассмотренные нюансы усложняют процесс внедрения природного газа в качестве газомоторного топлива для всех транспортных средств, работающих на ДВС. Для хранения сжиженного природного газа используют специальные криобаки (рисунок 1).



Рис. 1. Криобак топливный для СПГ

В настоящее время существуют четыре основных типа транспортных криогенных баков для СПГ: с экранно-вакуумной и вакуумно-порошковой теплоизоляцией, с комбинированной теплоизоляцией и кассетного типа с теплоизоляцией на базе вспененного пенополиуретана [5].

Баки имеют высокую стоимость, которая сдерживает использование СПГ как моторного топлива. Высокая стоимость баков обусловлена желанием их производителей достичь как можно большего срока бездренажного хранения газа, что обеспечивается использованием только дорогой экранно-вакуумной суперизоляции. Бездренажное хранение подразумевает поддержку определённой температуры внутри бака, при которой СГ газообразен. Если температура повысится газ будет преобразовываться в жидкость, что последует увеличение объема вещества и как следствие повышение давления внутри бака. Однако для транспортных средств с хорошо отлаженным регламентом работы (карьерные самосвалы, пассажирский транспорт и т.п.) срок бездренажного хранения 1-3 сут. вполне достаточен. СПГ уже используется на карьерных самосвалах и общественном транспорте, но сейчас речь идёт о внедрении СПГ в личный транспорт, грузовики, спец. технику. Поэтому в ближайшем будущем ожидается широкое применение СПГ, а именно совершенствование технологии его преобразования (оптимизация процесса сжижения, испарения газа), хранения и использования в повседневной жизни.

Россия является самой крупной газодобывающей державой. Разведанные ресурсы природного газа составляют четверть от всех мировых запасов. Однако в отношении применения природного газа на транспорте и его транспортировки в сжиженном виде есть серьезное отставание от других промышленно развитых стран. Интенсивный рост газомоторной отрасли требует постепенного вовлечения новых специалистов – грамотных инженеров, которым в перспективе необходимо проектирование, производство и эксплуатация данного оборудования, а также его подбор, установка и эффективное использование [6, 7]. Расширение инфраструктуры применения природного газа на транспорте и его транспортировки как в сжиженном, так и в сжатом виде будет превышать рост промышленности в других отраслях как минимум на порядок.

В связи с вышеизложенным газомоторной отрасли потребуются в большом количестве [1-5]:

- оживители СПГ;

- эффективные емкости для хранения СПГ;
- средства транспортировки сжатого и ПГ;
- атмосферные и электрические испарители и подогреватели природного газа среднего и высокого давления;
- центробежные и поршневые криогенные насосы для СПГ;
- газобаллонные системы и топливные баки для СПГ;
- криогенные запорные, регулирующие и предохранительные клапаны;
- бесшовные нержавеющие трубы в бухтах для прокладки газовых магистралей в пределах автомобильных газонаполнительных станций;
- устройства заправки автомобилей сжатым или ПГ.

Таким образом, данное обстоятельство в сочетании со всеми перечисленными выше экономическими, политическими, экологическими и техническими преимуществами природного газа указывает на то, что в ближайшее время ожидается бурный рост газомоторной отрасли СНГ и дальнем зарубежье и мы должны быть к этому готовы.

Список литературы:

1. Исследование влияния инфраструктуры городского хозяйства на региональное социально-экономическое развитие / Е.В. Уфимцева, И.В. Волчкова, Ю.В. Подопригора, М.Н. Данилова, Н.Р. Шадейко, А.А. Селиверстов // Региональная экономика: теория и практика. – 2017. – Т. 15. – № 2 (437). – С. 237–253.
2. Слободов Е.Б. Веские причины для применения природного газа на транспорте / Е.Б. Слободов // Gasworld Россия и СНГ. – 2014. – №35. – С. 30-32.
3. Использование КПГ: экономика, экология, безопасность / Gasworld Россия и СНГ. – 2014. – №35. – С. 24-25.
4. Сахалин-2. Первый в России завод по производству сжиженного природного газа. URL: <http://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/> (дата обращения 10.01.2019).
5. Мовчун Е.П. Создание эффективных автомобильных криобаков для СПГ. / Е.П.Мовчун // Технические газы. – 2009. – №3. – С. 68-72.
6. Мусафирова Г. Я О необходимости внедрения технологии интернета вещей на машиностроительных предприятиях Беларуси / Г.Я. Мусафирова // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте [Электронный ресурс]: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29-30 ноября 2017г. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – С. 326-328.
7. Мусафирова Г. Я О перспективах белорусских выпускников инженерных специальностей / Г.Я. Мусафирова // Образование. Наука. Карьера: в 2 т. Т. 1: сборник научных статей Междунар. науч.-метод. конф., Курск, 24 января 2018г.- Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2018. – С. 276-279.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНИЧНОГО ТРЕКА ИЗ ПОРОШКА ТИ ПРИ СЛП

*Е.А. Ибрагимов, к.т.н., ст. преп., А.А. Сапрыкин, к.т.н., доц., Е.В. Бабакова, ассист.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (+7 38451) 7-77-61
E-mail: egor83rus@tpu.ru*

Аннотация: По результатам математического модельного расчета плавления порошка титана под воздействием лазерного излучения определен диапазон технологических параметров селективного лазерного плавления (СЛП): скорость сканирования, толщина слоя порошка, температура порошка, шаг сканирования. Получена панель единичных треков из порошка титана, исследована размерность сплавленных треков.

Abstract: Based on the results of mathematical model for calculating the melting titanium powder under the influence of the laser radiation defined range of process parameters of the selective laser melting (SLP) scanning speed, the thickness of the powder layer, the powder temperature, the scanning step. A panel of single tracks from titanium powder was obtained, the dimension of the fused tracks was investigated.

Ключевые слова: Селективное лазерное плавление, титан, математическое моделирование.

Keyword: Selective laser melting, titanium, mathematical modeling.

Титан и его сплавы широко используются в качестве материалов для изготовления медицинских имплантатов и хирургических инструментов. Это связано с хорошими механическими свойствами, биосовместимостью и высокой коррозионной стойкостью сплавов. Шероховатая поверхность медицинских имплантатов оказывает благоприятное влияние на остеоинтеграционные процессы. Использование пористых имплантатов позволяет надежно фиксировать имплантат в костных тканях за счет увеличения площади соприкосновения поверхности «имплантат – костная ткань». Наилучшие результаты отмечаются для поверхностей с регламентированной пористостью [1]. Но шероховатость и пористость поверхности отрицательно влияют на усталостную прочность при циклических нагрузках. Неровности на поверхности имплантатов играют роль концентраторов напряжений и стимулируют образование усталостных трещин [2]. Следовательно, для устранения противоречий между требованиями остеоинтеграции и усталостной прочностью необходимо получить оптимальную пористую структуру.

Реализация решения тепловых моделей была осуществлена при помощи математического пакета COMSOL Multiphysics. COMSOL Multiphysics – это программный пакет, предназначенный для моделирования и расчетов научных и инженерных задач, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных (PDE) с использованием метода конечных элементов (FEM) [3-5]. Формирование сплавленного слоя при методе СЛП происходит путем построчного сплавления порошинок лазерным лучом. При перемещении лазерного луча формируется сплавленный трек. Определив технологические режимы, при которых будет формироваться равномерный, неразрывный трек, можно предположить, что будет формироваться слой приемлемого качества (без больших пор и равномерный по толщине).

В таблице 1 приведены наименования и значения параметров, которые учитывались в качестве граничных условий при реализации модели.

Таблица 1

Граничные условия в модели		
№	Параметр	Значение
1	Начальная температура порошка	27 °С
2	Мощность лазерного излучения	100 Вт
3	Скорость перемещения лазерного луча	10–70 мм/с
4	Диаметр пятна лазерного излучения	100 мкм

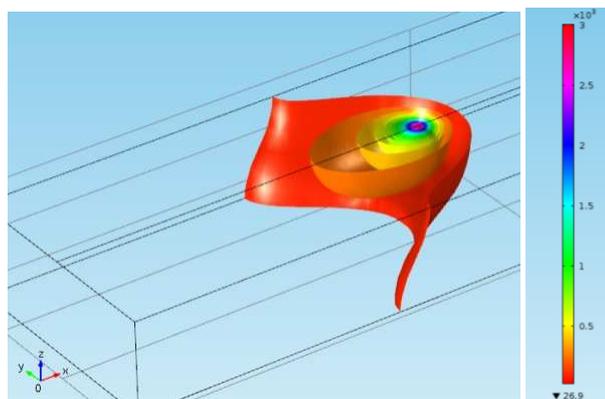


Рис. 1. Изоповерхности с температурными полями

Изоповерхности с температурой равной или превышающей температуру плавления порошкового материала, позволяют предположить, что в данной области будет формироваться ванна жидкого металла глубиной h и шириной B и сплавленный трек соответствующих размеров в сечении.

С помощью предложенной тепловой модели (рисунок 7, 8) проведен расчет и теоретический анализ изменения ширины и толщины сплавленного трека от скорости сканирования лазерным лучом ($v = 10\text{--}70$ мм/с). Результаты представлены на рисунке 2. Таким образом, в первом приближении приняты режимы, при которых ширина зоны плавления больше шага сканирования, глубина зоны плавления больше толщины слоя порошка. Из рисунка 2 (б) видно, что требуемые условия достигаются в диапазоне скоростей сканирования $v = 10\text{--}50$ мм/с.

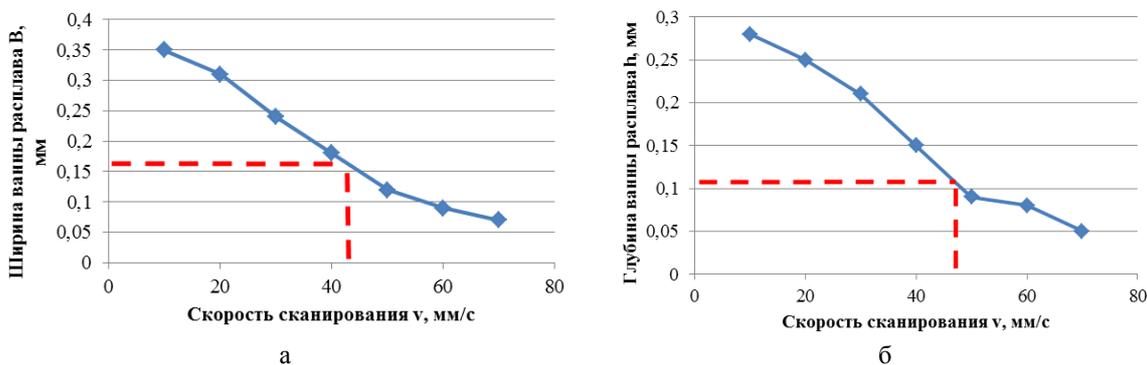


Рис. 2. Расчетные значения ширины (а) и толщины (б) сплавленного трека от скорости сканирования

Реализация поисковых экспериментов по формированию трека, реализовано на экспериментальной установке послыного синтеза изделий «ВАРИСКАФ-100МВС». Изменяемыми параметрами являлись: модуляция ЛИ ($m = 100, 200, 300, 400, 500$ Гц), скорость сканирования ($v = 20, 40, 60, 80, 100$ мм/с), температура подогрева порошка ($t_p = 27, 63, 100, 200, 300$ °С). Неизменяемыми параметрами являлись: диаметр пятна лазера $d_{ЛИ} = 150$ мкм, мощность лазерного излучения $P = 100$ Вт, газовая среда инертная (аргон высокой чистоты). Оптические изображения нескольких треков сплавленного порошка марки ВТ1-0 представлены на рисунках 3 и 4.

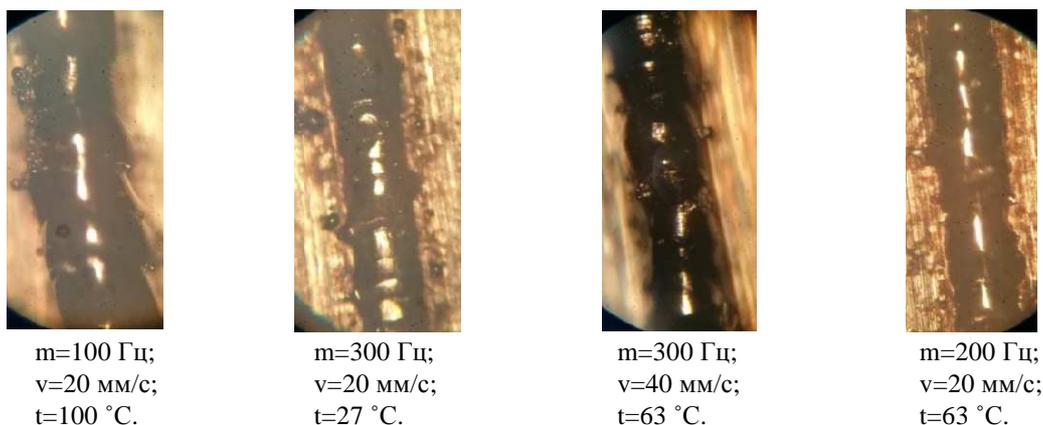


Рис. 3. Единичные треки из порошка марки ВТ1-0

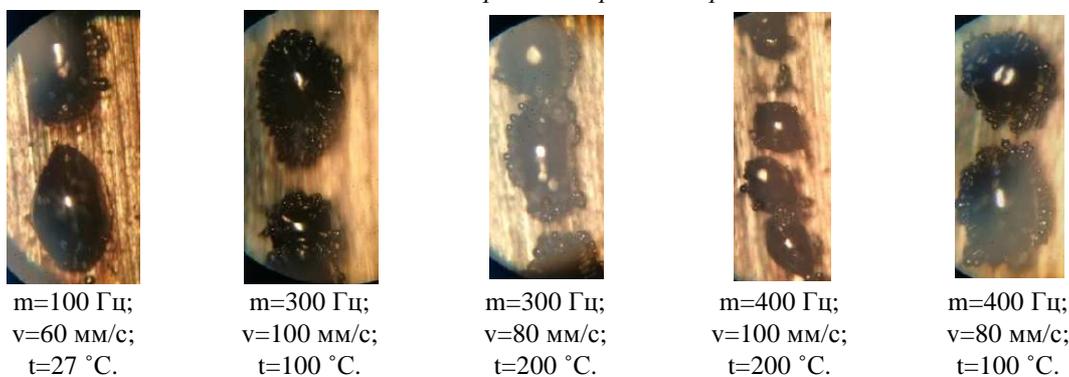


Рис. 4. Единичные треки из порошка марки ВТ1-0 при режимах СЛП выходящих за диапазон рекомендуемых расчетных значений

В процессе проведения поисковых экспериментов установлено, что при скорости сканирования больше 40 мм/с частицы порошка сплавлялись частично, при извлечении треки осыпались и не держались

на подложке. Согласно модельным расчетам глубина проплавления ванны при скоростях сканирования от 50 до 70 мм/с составляет 0,05-0,09 мм. Это связано с тем, что с увеличением скорости сканирования трек не успевал проплавляться на требуемую глубину, оставляя не сплавленные участки. При увеличении скорости сканирования от 60 до 100 м/с значительно увеличивался эффект коагуляции частиц.

При скоростях сканирования в диапазонах 20-40 мм/с, частоте модуляции лазерного луча 100-300 Гц создавались благоприятные условия для формирования ровных, плотных треков, которые прочно удерживались на подложке. Ширина полученных треков на данных режимах составляла 180-220 мкм, что позволило определить рекомендуемый шаг сканирования 100 мкм для формирования единичных сплавленных слоев. Хорошая адгезионная способность треков к подложке позволяет говорить о том, что при данных режимах формируется ванна расплава, которая значительно превышает толщину наносимого слоя порошка, соответственно при формировании многослойных структур будет обеспечиваться хорошее сплавление между слоями.

Так же поисковые эксперименты показали, что результаты моделирования достаточно хорошо коррелируют с результатами, полученными экспериментальным путем, что предполагает рекомендовать данную модель для определения технологических режимов СЛП и для других металлических порошковых материалов.

Работа выполнена при поддержке программы "УМНИК" (Договор №13100ГУ/2018 от 15.05.2018 (код 0039896), заявка №У-44062)

Список литературы:

1. Е. В. Бабакова, А. А. Сапрыкин, Е. А. Ибрагимов. Применение селективного лазерного плавления для изготовления индивидуальных медицинских имплантатов из титана. Инновационные технологии в машиностроении : сборник трудов IX Международной научно-практической конференции, 24–26 мая 2018 г., Юрга. Томск: Изд-во ТПУ, 2018. С. 120-122.
2. Е. В. Бабакова и др. Применение селективного лазерного сплавления для получения низко модульного сплава системы титан – ниобий. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2016. Т. 18, № 1. С. 117-131.
3. Горбунов В.А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете FEMLAB. Учеб. пособие. Иваново. 2008. с. 216.
4. Pryor, W. Roger/ Multiphysics modeling using COMSOL: a first principles approach [Электронный ресурс]. 2010. Режим доступа: <http://comsol.com/books/mmucfpa>.
5. Ибрагимов Е. А. Разработка оборудования и технологии формирования изделий из медного порошка методом селективного лазерного плавления: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.02.07 / Ибрагимов Егор Артурович; [Место защиты: ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук], 2018. с.186

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

В.А. Татаринцев, к.т.н, доц., А.К. Толстошеев, к.т.н, доц.

*Брянский государственный технический университет, г. Брянск
241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, тел. (4832) 58-82-12*

E-mail: tatarin-55@yandex.ru

Аннотация: Исследовано влияние на характеристики циклической прочности малоуглеродистой литой стали различных методов упрочнения, например, легирования и термической обработки. Сформирован программный блок изменения напряжений, отражающий особенности эксплуатационного режима нагружения. Определены значения характеристики статической и циклической прочности. Выполнено сравнение сталей по показателям надёжности – долговечности и вероятности разрушения.

Abstract: The article examines the effect on the characteristics of cyclic strength of low-carbon cast steel of various methods of hardening, for example, alloying and heat treatment. A software block for voltage changes, reflecting the features of the operating mode of loading, is formed. The values of the characteristics of static and cyclic strength are determined. Comparison of steels in terms of reliability - durability and probability of destruction.

Ключевые слова: режим нагружения, термическая обработка, прочность, усталость, долговечность, сопротивление разрушению.

Keyword: loading conditions, heat treatment, strength, fatigue, durability, resist fracture.

На стадии технического проектирования при выборе материала, вида и режима термической обработки детали возникает потребность в сравнительной оценке вариантов по долговечности и вероятности появления возможных отказов. Непосредственная оценка влияния выбора материала и его термообработки на характеристики надежности (долговечности и вероятности разрушения) конкретной детали по результатам сравнительных натуральных испытаний затруднительна либо из-за отсутствия соответствующего испытательного оборудования, позволяющего производить испытания при нагружении, близком к эксплуатационному, либо по экономическим соображениям, не позволяющим поставить на испытания достаточное количество натуральных деталей. Расчетные оценки ресурса и вероятности разрушения не всегда дают удовлетворительную точность. В ряде случаев расчетные сравнительные оценки, например, для различных видов термообработки одного и того же материала носят противоречивый характер [1]. Связано это с тем, что количественные оценки сопротивления разрушению сталей, полученные на обобщенных эмпирических зависимостях в результате статических или усталостных испытаний, недостаточно точны. Они, как правило, не учитывают влияния на физический процесс статического или циклического разрушения изменений структурных параметров стали вследствие её термообработки или легирования.

Целью исследования является изучение влияния упрочнения литой низкоуглеродистой стали на характеристики сопротивления разрушению при статическом, а также циклическом регулярном и нерегулярном (блочном, программном) нагружении, имитирующем по усталостной повреждаемости эксплуатационное нагружение детали.

Методы испытаний на усталость по ГОСТ 25.502-79 и комплексные испытания изделий машиностроения на надежность по рекомендациям Р 50-54-80-88 не позволяют оценить эффективность термообработки или легирования стали при нерегулярном режиме нагружения. Поэтому представляет интерес использование для оценки материалов сравнительных испытаний материалов при программном нагружении. Составление режимов нагружения при усталостных испытаниях образцов основывается на допущении об одинаковой повреждаемости материала в детали при действии эксплуатационного нагружения и в образце от программного блока нагружения, реализованного на стенде [1, 2]. Равенство накопленной повреждаемости материала в образце и детали обеспечивается в соответствии с линейной гипотезой суммирования усталостных повреждений путём преобразования режима нагруженности детали в блок программного усталостного нагружения образца за счет изменения амплитуд напряжений ступеней блока или числа циклов их действия. Неоднозначность применения линейной гипотезой суммирования усталостных повреждений для циклически упрочняющихся и циклически разупрочняющихся сталей не позволяет гарантировать совпадение долговечностей при эксплуатационных и программных режимах нагружения.

Нередки случаи, когда для конкретной детали имеются данные об эксплуатационных отказах при каком-то одном из вариантов материала. Принимая такой вариант за базовый, можно построить по рекомендациям [1, 2] программный блок нагружения лабораторного образца из того же материала. Сравнивая функции распределения усталостной долговечности лабораторного образца и эксплуатируемой детали, можно выполнить корректировку режима блочного нагружения для конкретной детали путем пропорционального повышения или понижения уровня напряжений при сохранении числа циклов их действия [3].

Для проведения экспериментальных исследований отбирали по одной отливке проб – трэф от каждой плавки литых сталей 20ГЛ, 20ГФЛ и 20ГТЛ (всего около 500 шт.), прошедших нормализацию по заводской технологии. Из отливок проб – трэф стали 20ГЛ делали заготовки диаметром 15 мм для последующей термической обработки. Для воздействия на микроструктуру применяли легирование и термоциклическую обработку сталей (ТЦО) [3, 4]. Было изготовлено семь серий образцов. Первая и вторая серии прошли нормализацию от 920 °С. Третья серия – (ТЦО) по режиму 1: нагрев до 790 °С, охлаждение до 600 °С – 5 термоциклов, на последнем термоцикле охлаждение в воде от 600 °С. Четвертая серия – ТЦО по режиму 2: нагрев до 790 °С, охлаждение до 600 °С – 5 термоциклов, охлаждение на воздухе. Пятая серия – улучшение: закалка от 920 °С в воде, отпуск при 600 °С (2 ч). Шестая серия – ТЦО по режиму 4: нагрев до 800 °С, охлаждение до 600 °С, нагрев до 820 °С, охлаждение до 600 °С, нагрев до 780 °С, охлаждение до 600 °С – 2 термоцикла, охлаждение на воздухе. Седьмая серия – сталь 20ГТЛ нормализация от 920 °С.

Для проведения экспериментов изготовили цилиндрические образцы типа VIII по ГОСТ 25.502-79 с диаметром рабочей зоны 8 мм с кольцевой выточкой круглого профиля радиусом 2 мм и глубиной 2 мм; теоретический коэффициент концентрации напряжений в рабочем сечении $\alpha\sigma = 1,53$.

Циклические испытания выполняли на усталостном стенде с программным устройством МИП-8М при консольном изгибе с вращением образца (симметричный цикл изменения напряжений) [3]. Испытывали по 10-15 образцов каждой серии для получения кривых усталости, наклонные участки которых аппроксимировали степенной зависимостью $\sigma_i m N = \sigma_{-1k} N G$, где σ_i – переменное напряжение на i -й ступени блока, N_i – долговечность (число циклов до разрушения) при напряжении σ_i , m – показатель степени кривой усталости, σ_{-1k} – предел выносливости образца с концентратором напряжений, $N G$ – абсцисса точки перегиба кривой усталости. Параметры средних кривых усталости, полученные методом наименьших квадратов, дают представление о характеристиках сопротивления усталости сталей при разных уровнях регулярного (стационарного) циклического нагружения (рис.1).

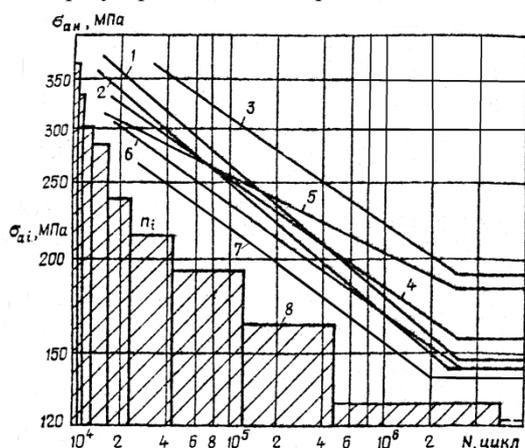


Рис. 1. Кривые усталости образцов из исследуемых сталей: 1–7 соответствуют условным номерам серий образцов в табл. 1; 8 – ступени блока программного нагружения, σ_{ai} – уровень амплитуды напряжений i -й ступени, n_i – количество циклов напряжений на i -й ступени

блока при напряжениях σ_{ai} и σ_{aid} для образца и детали соответственно, N_i и $N_{ид}$ – число циклов до разрушения образца и детали по их уравнениям кривых усталости при напряжениях σ_{ai} и σ_{aid} соответственно (рис. 1). Количество циклов в блоке (размер блока) выбирали с учётом особенностей сил, действующих на грузовые вагоны, оборудованные поглощающими аппаратами классов Т2 и Т3, и вагоны, оборудованные аппаратами классов Т0 и Т1, а также подвижного состава, не проходящего роспуска на сортировочных горках. Оно составило 35900 циклов, что обеспечило хорошую перемещаемость ступеней, а число блоков до разрушения находилось в диапазоне от 10 до 200. Значения амплитуд номинальных напряжений и число циклов напряжений на каждой ступени блока нагружений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Амплитуды напряжений σ_{ai} и число циклов напряжений n_i в ступенях блока нагружения

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
σ_{ai} , МПа	360	330	306	286	240	216	192	164	127	92	56	20
n_i	25	25	50	100	200	375	725	1375	2650	5075	9725	15575

При эксплуатационных продольных нагрузках и смещениях продольных осей автосцепок в их опасных сечениях возникают напряжения, превышающие предел текучести стали. Поэтому для более точного воспроизводства числа циклов на ступенях блока, реализующих высокий уровень напряжений (с 1-й по 5-ю ступени блока), осуществлялся переход с частоты нагружения 50 Гц на пониженную частоту 5 Гц.

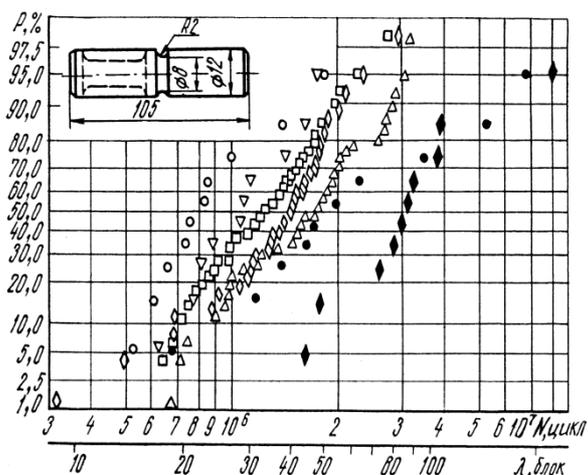


Рис. 2. Графики статистических распределений долговечности при блочном нагружении сталей:
 Δ – 20ГФЛ; \diamond – 20ГЛ (обе нормализованные);
 \blacklozenge – 20ГЛ (ТЦО по реж. 1); \circ – 20ГЛ (ТЦО по реж. 2);
 \bullet – 20ГЛ (улучшение); ∇ – 20ГЛ (ТЦО по реж. 4);
 \square – 20ГТЛ – нормализация

метров распределений показало, что ТЦО по режиму 1 стали 20ГЛ существенно повышает среднюю долговечность по сравнению с долговечностью при других режимах термообработки, например, при улучшении, в 1,3 раза, а в случае нормализации в 2,5 раза. При этом вероятность разрушения за 106 циклов нагружения снижается соответственно примерно в 19 и 40 раз.

Представленные в логарифмических координатах осредненные кривые усталости в номинальных напряжениях семи серий образцов (рис. 1) не позволяют однозначно ранжировать исследуемые варианты из-за неодинакового наклона кривых и разных значений предела выносливости по отношению к положению уровней напряжений ступеней блока (7 на рис. 1) программного блока.

По полученным результатам блочных испытаний строили графики статистических распределений циклической долговечности образцов, служащие оценками функций надежности деталей из исследуемых сталей (рис. 2). Анализ полученных графиков показал, что на вероятностной сетке логарифмически нормального закона они близки к линейным. Их сопоставление дает информацию для сравнительной оценки эффективности применения того или иного материала и вида термической обработки с учётом влияния особенностей режима нагружения на механизм процесса накопления повреждений в металле. Сравнение параметров

Таблица 2

Механические характеристики исследуемых сталей

Условный номер серий	Марка стали	Режим термической обработки	Механические свойства				КСУ, кДж/м ²	НВ	Параметры кривой усталости		
			σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_5	ψ			σ_{-1k} , МПа	m	NG, ·10 ⁶
			МПа		%						
1	20ГФЛ	Нормализация от 920 °С	$\frac{610}{28,6}$	$\frac{402}{20,4}$	$\frac{24,4}{2,2}$	$\frac{50,6}{9,1}$	1300; 270	$\frac{168}{11,6}$	148	5,6	3
2	20ГЛ	То же	$\frac{566}{38,9}$	$\frac{355}{23,9}$	$\frac{23,2}{2,9}$	$\frac{47,9}{7,1}$	1160; 600	$\frac{165}{9,0}$	141	5,8	2,5
3	Та же	ТЦО по режиму 1	$\frac{838}{101,3}$	$\frac{516}{66,8}$	$\frac{13,1}{2,7}$	$\frac{30,7}{3,6}$	1200; 290	$\frac{234}{5,5}$	189	6,8	3
4	Та же	ТЦО по режиму 2	$\frac{642}{56,1}$	$\frac{361}{35,2}$	$\frac{24,6}{3,4}$	$\frac{50,5}{2,5}$	1850; 460	$\frac{170}{8,0}$	158	7,0	3
5	Та же	Улучшение	$\frac{719}{124,9}$	$\frac{572}{144,5}$	$\frac{19,2}{3,8}$	$\frac{46,4}{14,9}$	1350; 650	$\frac{222}{17,5}$	186	9,9	3
6	Та же	ТЦО по режиму 4	$\frac{585}{34,3}$	$\frac{344}{12,8}$	$\frac{26,1}{1,8}$	$\frac{62,5}{4,4}$	1500; 750	$\frac{152}{15,8}$	141	6,1	3
7	20ГТЛ	Нормализация от 920 °С	$\frac{610}{40,2}$	$\frac{395}{34,9}$	$\frac{22,7}{6,9}$	$\frac{45,2}{12,3}$	1270; 450	$\frac{145}{3,46}$	131	5,5	2

Примечания: 1. Над чертой – средние значения механических характеристик, полученные по испытаниям 5-6 образцов, под чертой – средние квадратические отклонения. 2. Первое число – ударная вязкость КСУ при температуре +20 °С, второе – при –60 °С.

Для изучения факторов, определяющих циклическую долговечность при блочном нагружении, проводили статические испытания на разрыв пятикратных образцов диаметром 6 мм и на ударную вязкость призматических образцов с U-образным надрезом, сечением 10×10 мм, вырезанных из ненагруженных (расположенных в захватах усталостного стенда) зон образцов, испытанных на усталость до разрушения при блочном нагружении. Эксперименты выполняли на разрывном стенде «Amsler», а на ударную вязкость – на маятниковом копре МК-30. Твердость измеряли на прессе Бринелля внедрением в поверхность шарика диаметром 5 мм с силой 10 кН и выдержкой 20 с. Средние значения механических характеристик исследуемых сталей приведены в табл. 2.

Из ненагруженных участков разрушенных усталостных образцов всех серий изготавливали шлифы для металлографического анализа и изломы для фрактографических исследований. Макрорельеф изломов исследовали на световом микроскопе ММУ-3 при увеличении ×20–30, намечали направление и характерные участки для последующего электронно-фрактографического сканирования. Металлографический анализ исследуемых сталей осуществляли на оптическом микроскопе «Neophot» при сто и пятьсот кратном увеличении. Металлографический анализ исследуемых сталей показал [3], что микроструктура сталей 20ГЛ и 20ГФЛ после нормализации – феррито-перлитная смесь, содержащая 65–75% феррита со средней величиной зерна (номер зерна по шкале G (ГОСТ 5639–82) G8. Структура сталей после ТЦО по режиму 1 – мелкодисперсная смесь сорбитообразного перлита и феррита, упорядоченного углеродом. Цементит перлита – зернистый (глобулярный), размер глобулей составлял около 1–3 мкм. Величина зерна структуры – G11, а содержание феррита в структуре около 20%. После улучшения структура представлена сорбитом с участками феррита, занимающими 20% площади шлифа. Расстояние между пластинами цементита сорбита – 0,6–1,5 мкм, толщина пластин – 0,3 – 0,8 мкм, размеры ферритного промежутка – 0,6–1,0 мкм; величина зерна – G10.

Выводы

1. Предложен подход к сравнительной оценке материалов по результатам блочных испытаний, моделирующим по усталостной повреждаемости эксплуатационный режим нагружения. Полученные графики статистических распределений циклической долговечности образцов служат оценками функций надежности детали (корпуса автосцепки) из исследуемых сталей и позволяют их ранжировать по этому показателю (рис. 2).
2. Исследованные режимы термической обработки формируют в литой стали микроструктуру, состав и параметры которой оказывают существенное влияние на механические свойства (табл. 2) и сопротивление усталостному разрушению при регулярных и блочных режимах нагружения с малоцикловыми перегрузками. При этом определяющее значение имеют доля твердых структурных фаз, их размеры и форма.
3. Металлографические и фрактографические особенности изломов образцов с различной структурой связаны со сменой механизмов, контролирующих развитие трещины и зависящих от физико-механических свойств элементов структуры и их количественных параметров. Например, с увеличением доли перлита в структуре и измельчением зерна в изломе увеличивается доля бороздчатого рельефа в сочетании с квазисколом на завершающих стадиях развития трещины.
4. Анализ механических характеристик показывает, что качество термообработки стали серий образцов 3 и 5 (табл. 2) соответствует требованиям к деталям первой группы стандарта на литые детали автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава, к которым относится корпус автосцепки. Режим термообработки серии 4 – для деталей третьей группы, а остальные режимы – для деталей второй группы.

Список литературы:

1. Гарф М.Э. Испытания на усталость применительно к задачам оптимизации конструкций. – К.: Наукова думка, 1984. – 175 с.
2. Savkin A.N., Sedov A.A., Andronik A.V. The steel damageability simulation under random loading by the power, energetical and strain fracture criterions// Periodica Politechnica, Mechanical Engineering. 2014. Vol. 58. Issue 2. P. 119–126.
3. Tatarintsev V.A. Microstructure influence on resistance to rupture of low-alloyed steels//The Physics of Metals and Metallography. 1992. № 5. pp. 77–87.

4. Татаринцев В.А., Толстошеев А.К., Гришанов П.А. Исследование прочности литых сталей для несущих деталей вагонов // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 11. С. 41–44.

**СОЗДАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
С НЕПРЕРЫВНЫМ АРМИРОВАНИЕМ АРАМИДНЫМ ВОЛОКНОМ
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

*В.А. Юркина, инженер,
Томский политехнический университет
634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-60-60-06
E-mail: yurkinavarvara@yandex.ru*

Аннотация: В данной работе проведено исследование создания композиционного материала на полимерной основе с непрерывным армированием арамидного волокна для применения в аддитивных технологиях. Описаны технологические особенности процесса модификации поверхности арамидного волокна. Исследовано влияние материала модификации поверхности на адгезионные свойства получаемого композиционного материала.

Abstract: In this paper, a study was conducted to create a composite material on a polymer base with continuous reinforcement of aramid fiber for use in additive technologies. The technological features of the process of modifying the surface of aramid fibers are described. The effect of surface modification material on the adhesive properties of the resulting composite material was investigated.

Ключевые слова: аддитивные технологии, композиционный материал, непрерывное армирование, арамидное волокно, полисульфон.

Keyword: additive manufacturing, composite material, continuous reinforcement, aramid fiber, polysulfone.

Введение

Аддитивные технологии, или иными словами технологии 3D-печати, активно развиваются и постепенно внедряются в промышленность. Основными преимуществами таких технологий является высокий процент использования материала, возможность построения изделий за единый цикл без дополнительных (либо с минимальным количеством) механических обработок, а также возможность получать изделия с геометрией, которую невозможно получить классическими методами производства. Количество работ по созданию композиционных полимерных материалов, упрочненных волокнами, и изделий из этих материалов с применением аддитивных технологий ежегодно растет, что указывает на актуальность создания таких материалов.

Внедрение в России материалов нового поколения и современных технологий способно ускорить развитие многих секторов экономики и направлений отечественной промышленности [1].

Полисульфоны являются классом высокотемпературных термопластов, которые характеризуются отличной стойкостью к окислению при высоких температурах, хорошей стойкостью к растворителям, сопротивлению ползучести, химической стойкостью, малой усадкой [2].

Одним из наиболее распространенных материалов, применяемых для армирования полимеров, является арамидное волокно. Авторы статей [3,4] указывают на хорошие механические свойства материала.

Свойства межфазной связи и устойчивости к воздействию окружающей среды для армированных волокном (углеродным и арамидным) термопластичных матричных композитов (полисульфона, поликарбоната) исследовали авторы статьи [5], их целью было расширение круга материалов, применимых в качестве ортопедических имплантатов. Авторы пришли к выводу, что выбор матрицы является основополагающим параметром при использовании композиционного материала в определенных целях. Полисульфон показал себя отличным вариантом матрицы для обоих видов волокон.

Непрерывное армирование полисульфона и других высокотемпературных пластиков арамидным волокном методом экструзии выполняли авторы статьи [6], однако, применения данных материалов в области аддитивных технологий их целью не являлось, и с этой точки зрения вопрос не был изучен.

Материалы и методы исследования

В качестве матрицы был приобретен полисульфон марки ПСФ-150 (Россия, ОАО «Институт пластмасс»), в качестве армирующей нити было выбрано арамидное волокно марки НШТ 60 (Россия, ООО «Изоляция»). Свойства матрицы и армирующей нити приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

свойства приобретенного полисульфона

Свойства материала	Температура стеклования, Tg (оС)	Плотность, (g/cm ³)	Ударная прочность по Изоду, (J/m)	Кислородный индекс, (%)	Прочность на растяжение, (МПа)	Модуль упругости, (МПа)
PSU марки PSF-150	180 - 190	1.24	80	30	2840 - 3040	58 - 60

Таблица 2

Свойства арамидной нити (НШТ 60)

Свойства материала	Результирующая номинальная плотность ниток, текс	Удельная разрывная нагрузка ниток, сН/текс, не менее	Удлинение при разрыве, %, не менее
НШТ 60	60,0	170	3

Важным в создании композиционных материалов является адгезия между материалом – матрицей и наполнителем, это достигается путем модификации поверхности армирующей нити [7]. Один из доступных методов модификации поверхности, не требующий дополнительных затрат на оборудование и материалы – это пропитка нити раствором полимера перед процессом трехмерной печати. В этом случае важно учитывать адгезию между материалом аппрета и матрицей композиционного материала.

В противном случае, без достаточной адгезии между матрицей и армирующим волокном, механические свойства получаемых изделий будут уступать аналогичным изделиям, полученным без непрерывного армирования.

Для модификации поверхности арамидного волокна нами были использованы следующие материалы: ABS растворенный в ацетоне, 5,5 г на 50 мл. Так же для определения влияния аппретов на физические свойства полученных образцов были напечатаны образцы с непрерывным армированием арамидным волокном без аппрета и образцы из PSU, без непрерывного армирования.

Аппретирование нитей производилось с помощью трехгорлой колбы, далее нить высушивалась, проходя через систему воздушного охлаждения Filabot Airpath, поступала на систему автоматического наматывания филамента на катушку Filabot Spooler (Filabot, Вермонт, США).

С помощью этой же системы автоматического наматывания осуществлялась намотка на специальную катушку для подачи армирующей нити на 3D – принтер.

Идентификация полученного композиционного материала (армирующая нить – аппретирующий полимер) производилась на спектрометре ИК фурье-спектрометре ФТ-801 (Научно-производственная фирма «СИМЕКС», Новосибирск, Россия).

Микроструктура аппретированного арамидного волокна, композиционного материала с матрицей полисульфона с непрерывным армированием аппретированным арамидным волокном, исследовались с помощью цифрового микроскопа-камеры МК-20 (ООО «ЛОМО-Микросистемы», г. Санкт-Петербург, Россия)

Согласно справочным данным [8] водопоглощение полисульфона 0,2-0,4 %. Сушка материала проводилась в вакуумном термошкафе АКТАН ВТШ-Л52-250 (ООО «АКТАН ВАКУУМ», г. Фрязино, Россия) в вакууме 0,1 ат при температуре 150 °С продолжительностью 4 часа.

Результаты

Модификация поверхности арамидного волокна позволяет создать наилучшую адгезию между матрицей и армирующим волокном. Качество адгезии армирующего волокна и аппретирующего материала были определены с помощью ИК фурье-спектрометра. Полученные результаты спектроскопии композиционного материала армирующая нить – аппретирующий полимер представлены на рисунке 1.

Следует отметить, что инфракрасный спектр показал явное наличие аппретирующего вещества в результате модификации поверхности арамидного волокна. На рисунке 1 а приобретенное арамидное волокно согласно базе данных спектрометра соответствует арамидному волокну Kevlar 49. Далее, на рисунках 1 б - с видно явное наличие аппретирующих веществ и соответствие, к примеру, лактидных пиков на рисунке 1 б.

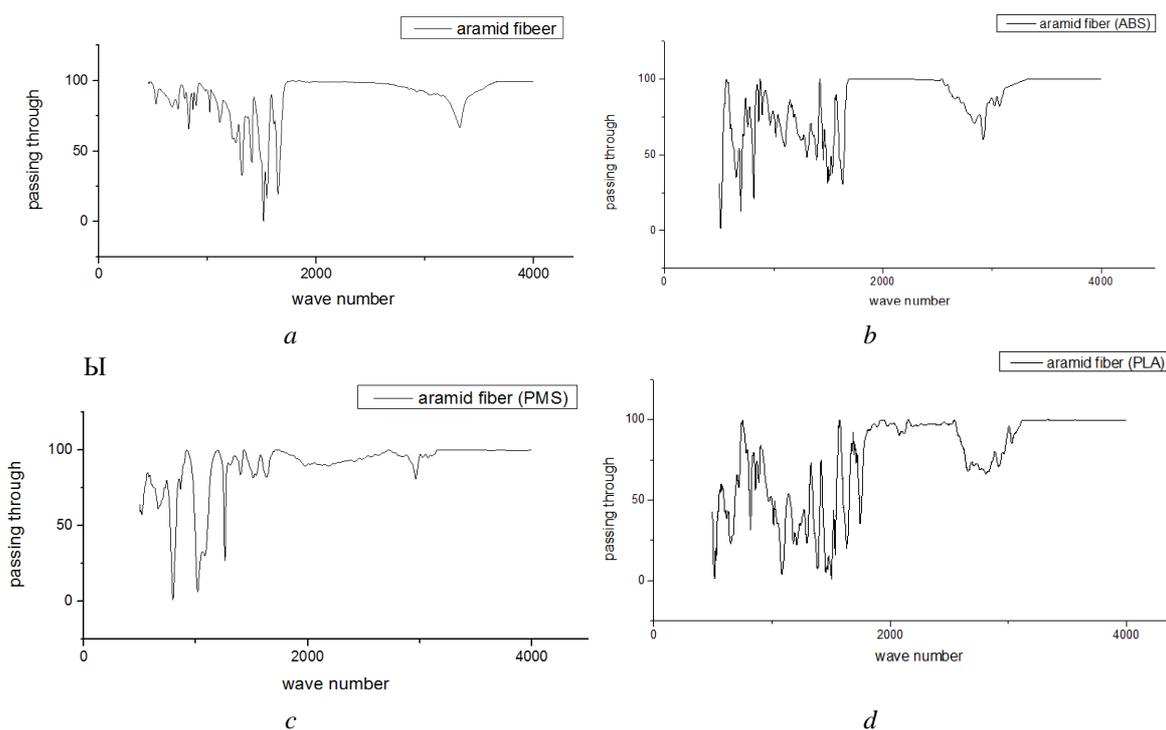


Рис. 1. Идентификация полученного композиционного материала, выполненная с помощью ИК фурье-спектрометра ФТ-801: а – без аппрета, b – ABS, c – PMS, d – PLA

С помощью цифрового микроскопа-камеры МК-20 были получены снимки модифицированной поверхности арамидного полотно, рисунок 2. Явно видно, что пропитка аппретирующим веществом способствует плотной «склежке» нитей волокна и как следствие можно прогнозировать увеличение физико-механических свойств получаемого композиционного материала.

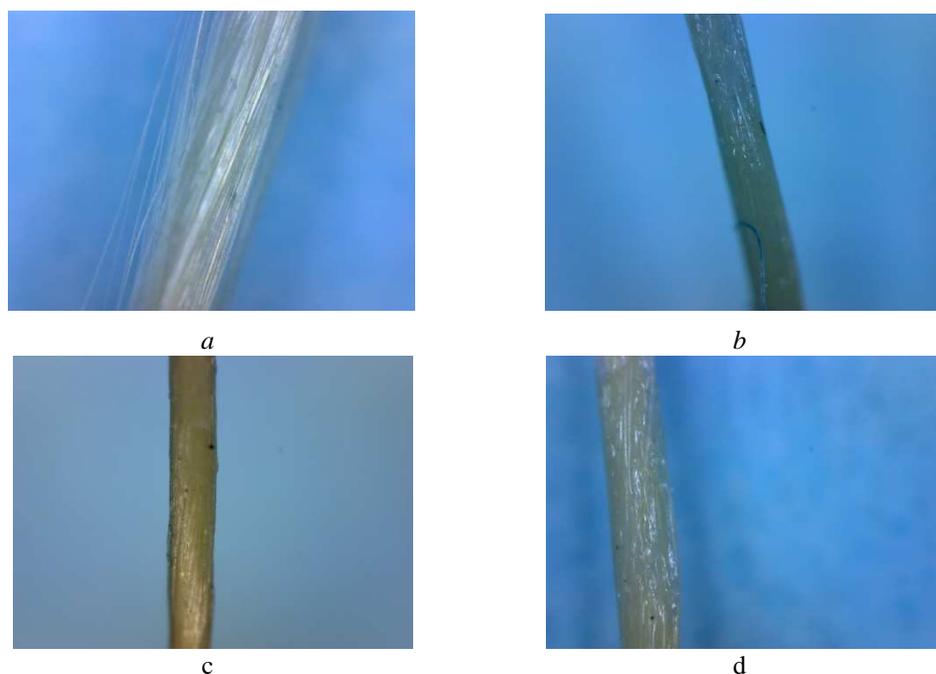


Рис. 2. Модификация поверхности арамидной нити различными составами: а – без аппрета, b – ABS, c – PMS, d – PLA

Одним из важных параметров получения композиционного материала с непрерывным армированием волокном для применения в аддитивных технологиях является ориентация волокна. В случае непрерывного армирования в процессе трехмерной печати данный параметр определяет прочность получаемых изделий. При нехватке матрицы прочностные характеристики получаемых изделий заметно снижаются.

На рисунке 3 приведено поперечное сечение экструдированного композиционного материала на основе полисульфона с непрерывным армированием арамидным волокном (в центре). В данном случае, в качестве модификации поверхности был использован ABS.



Рис. 3. Поперечное сечение композиционного материала с арамидным волокном.

1 – армирующее волокно, 2 – полимер-матрица (PSU)

го материала, простота работы при модификации поверхности волокна.

При модификации поверхности волокна силиконовым маслом PMS не удается получить однородный по структуре аппрет, в связи с чем необходимо предусмотреть дополнительные меры по удалению излишек аппретирующего вещества с волокна. Так же, при экструдировании композиционного материала силиконовое масло показало себя как неподходящий материал, так как вспенивало композиционный материал на основе полисульфона. Вспенивание экструдированного композиционного материала в процессе трехмерной печати связано с водопоглощением матрицы.

В процессе трехмерной печати композиционным материалом наблюдалась центрированная ориентация волокна. В процессе трехмерной печати необходимо учитывать анизотропию физико-механических свойств получаемых изделий.

Далее планируется отработка режимов трехмерной печати полимерным композиционным материалом на основе полисульфона с непрерывным армированием арамидным волокном аддитивным методом с целью получения образцов для проведения исследований физико-механических свойств изделий с различными аппретирующими материалами.

Список литературы:

1. Kutz M. (ed.). Applied plastics engineering handbook: processing and materials. – William Andrew, 2011.
2. Штейнберг Е.М., Сергеева Е. А., Зенитова Л. А., Абдуллин И. Ш. Применение и производство полиэфирсульфона. Обзор.:сб.ст. Вестник казанского Технологического университета.
3. Bandaru A. K. et al. Ballistic impact response of Kevlar® reinforced thermoplastic composite armors //International Journal of Impact Engineering. – 2016. – Т. 89. – С. 1-13.
4. Latour Jr R. A., Black J. Development of FRP composite structural biomaterials: ultimate strength of the fiber/matrix interfacial bond in in vivo simulated environments //Journal of biomedical materials research. – 1992. – Т. 26. – №. 5. – С. 593-606.
5. Dooher T. et al. Novel thermoplastic yarn for the through-thickness reinforcement of fibre-reinforced polymer composites //Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2018. – Т. 31. – №. 12. – С. 1619-1633.
6. Ertekin M. Ege University, Izmir, Turkey //Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites. – 2017. – С. 153.

- Ning F. et al. Additive manufacturing of carbon fiber-reinforced plastic composites using fused deposition modeling: Effects of process parameters on tensile properties //Journal of Composite Materials. – 2017. – Т. 51. – №. 4. – С. 451-462.
- Nayak L. et al. Thermal and electrical properties of carbon nanotubes based polysulfone nanocomposites //Polymer bulletin. – 2011. – Т. 67. – №. 6. – С. 1029.

УСЛОВИЯ СОХРАНЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

М.А. Бяков¹, главный геолог, Г.Д. Буялич², д.т.н., зав. каф., К.Г. Буялич², к.т.н., доцент

¹АО «СУЭК-Кузбасс»

652507, Россия, Кемеровская обл., г. Ленинск-Кузнецкий, ул. Васильева, 1

²Кузбасский государственный технический университет

650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: gdb@kuzstu.ru

Аннотация: Дан обзор исследований по исследованиям изменения зазоров в сопряжении поршня с рабочим цилиндром под внешней нагрузкой, величина которых определяет работу манжетных уплотнений по герметизации рабочей полости и возможность свободного перемещения поршня относительно рабочего цилиндра.

Abstract: A review of studies on the changes in gaps in the matching of the piston with the working cylinder under external load is given, their value determines the work of the lip seals for sealing the working cavity and the possibility of free movement of the piston relative to the working cylinder.

Ключевые слова: силовой гидроцилиндр, зазоры, сопрягаемые поверхности, поле допуска, работоспособность, герметичность.

Key words: power hydraulic cylinder, gaps, mating surfaces, tolerance, operability, tightness.

Одной из основных проблем работы силовых гидроцилиндров, работающих под высоким давлением рабочей жидкости (например, силовых гидроцилиндров механизированных крепей с номинальным рабочим давлением в рабочих полостях до 80 МПа) является оценка их герметичности [1–3] и примерная оценка величины утечек [3–6].

Герметичность измеряется количеством рабочей жидкости и определяется, в основном, конструкцией манжетного уплотнения [7–11] и величиной герметизируемого зазора.

В свою очередь величина зазора зависит от свойств материалов, из которых изготовлены детали силового гидроцилиндра, от его конструктивных параметров, раздвижности, давления рабочей жидкости, полей допусков на изготовление сопряжений «поршень – рабочий цилиндр» и «шток – грундбукса», углом установки в крепи, а также способом приложения внешней нагрузки [12–16].

Для гидростоек механизированных крепей для упомянутых выше сопряжений используются посадки Н9/н9, Н8/н8, Н9/ф9, Н7/ф7 [17–19], расположение полей допусков которых изображено на рис. 1, где приведены следующие обозначения:

$d_{1н}$ – номинальный диаметр сопряжения, мм

ES и EI – верхнее и нижнее отклонения цилиндра, мм;

es и ei – верхнее и нижнее отклонения поршня, мм;

$\Delta_{ц}$ и $\Delta_{п}$ – допуски цилиндра и поршня, мм.

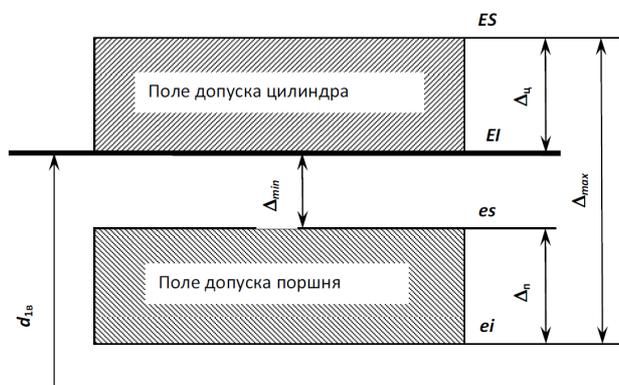


Рис. 1. Схема расположения полей допусков сопряжения поршня и цилиндра силового гидроцилиндра

Из схемы расположения полей допусков следует, что максимальный и минимальный возможный зазор в сопряжении равны:

$$\Delta_{max} = ES - ei, \text{ мм};$$

$$\Delta_{min} = EI - es, \text{ мм}.$$

При подаче давления рабочей жидкости в поршневую полость силового гидроцилиндра его рабочий цилиндр деформируется с увеличением номинального диаметра в области расположения манжетного уплотнения и с уменьшением номинального диаметра со стороны рабочего цилиндра, ненагруженного давлением рабочей жидкости (для гидростоек механизированных крепей – со стороны штоковой полости) [19–21].

Схема деформирования рабочего цилиндра, нагруженного давлением рабочей жидкости со стороны поршневой полости, приведена на рис. 2.

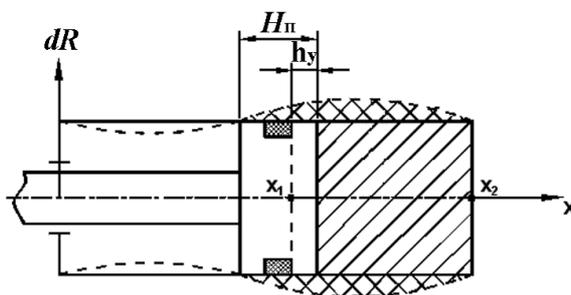


Рис. 2. Схема деформирования рабочего цилиндра гидростойки под действием давления рабочей жидкости в поршневой полости

При этом величина уменьшения номинального диаметра (отрицательные радиальные деформации dR) не должны быть больше действующего зазора в сопряжении, обусловленного полями допусков. В противном случае не будет обеспечен необходимый зазор для свободного перемещения поршня в цилиндре, что может привести к повреждениям зеркала рабочего цилиндра и его «задирам», «рискам», ведущим к потере герметичности и прекращению выполнения своих основных функций силового гидроцилиндра.

Расположение экстремума (координата по оси x на рис. 2) сужения номинального диаметра сопряжения зависит от конструктивных параметров силового гидроцилиндра, эксцентриситета приложения внешней нагрузки и не обязательно может быть расположено в пределах поршня. Более того, выполнив поршень меньшей длины, можно уменьшить вредное влияние сужения цилиндра по уменьшению рабочего зазора в сопряжении.

Правда, при этом будет уменьшаться опорная база поршня, приводящая к увеличению перекося поршня и цилиндра [17, 21].

Величина фактического зазора с учётом деформации рабочего цилиндра может кардинально отличаться от рекомендуемого значения как с точки зрения работы манжетного уплотнения, так и с точки зрения свободного перемещения поршня в цилиндре.

Условие свободного перемещения поршня в цилиндре выполняется при фактическом зазоре под нагрузкой не менее минимального значения требуемого зазора Δ_{min} ,

$$\Delta \geq \Delta_{min} - 2 \min\{dR\},$$

где $\min\{dR\}$ – наибольшее сужение номинального радиуса рабочего цилиндра в пределах расположения поршня, мм;

Δ – реальный зазор данного сопряжения под нагрузкой для конкретного сочетания соответствующих деталей в сборке.

Условие критического (нулевого) зазора между сопрягаемыми поверхностями выполняется при соотношении

$$2 \cdot \text{abs}(\min\{dR\}) = \Delta_{min}, \text{ при } x_1 + h_y - H_n \leq x \leq x_1$$

где x_1 – координата расположения уплотнения поршня (границы приложения давления рабочей жидкости), мм:

h_y – расстояние от кромки поршня до уплотнения, мм:

H_p – длина поршня, мм.

Это соотношение можно обеспечить, приняв менее точные посадки в сопряжении, уменьшив длину поршня или варьируя конструктивные и силовые параметры силового гидроцилиндра при проектировании гидростоек.

Список литературы:

1. Воеводин, В. В. Контактное давление в уплотнительном узле гидростойки механизированной крепи / В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2004 : материалы X Междунар. науч.-практич. конф., Кемерово, ГУ КузГТУ, 23–24 нояб. 2004 г. – Кемерово : ГУ Кузбас. гос. техн. ун-т, 2004. – С. 219–220.
2. Воеводин, В. В. К вопросу определения контактного давления в уплотнительных узлах / В.В. Воеводин, К. Г. Буялич // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2004. – № 6.1. – С. 58–59.
3. Буялич, К. Г. Определение напряжённо-деформированного состояния уплотнительного узла гидростойки механизированной крепи М130 // Строительство и эксплуатация угольных шахт и городских подземных сооружений : материалы IV Российско-Китайского симпозиума, Кемерово, ГУ КузГТУ, 21–22 сент. 2006 г. / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2006. – С. 145–146.
4. Буялич, К. Г. Критерии оценки герметичности гидростоек механизированных крепей // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : тр. X Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : ИУУ СО РАН, 2008. – С. 170–172.
5. Буялич, К. Г. Критерии оценки качества работы уплотнения гидростойки механизированной крепи // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – № 5. – С. 8–10.
6. Александров, Б. А. Влияние геометрических параметров уплотнительного узла на величину выдавливания в зазор / Б. А. Александров, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – Отд. вып. 3 : Горное машиностроение. – С. 88–92.
7. Буялич, Г. Д. Расчет манжетных уплотнений силовых гидроцилиндров / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич // Актуальные проблемы современного машиностроения : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 11–12 дек. 2014 г. / Юрг. технолог. ин-т. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – С. 202–205.
8. Буялич, Г. Д. Анализ работы уплотнений гидростоек механизированных крепей / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 238–248.
9. Буялич, К. Г. О разработке методики оценки прочности резиновых уплотнений // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2006 : материалы XI Междунар. науч.-практич. конф., Кемерово, ГУ КузГТУ, 23–24 нояб. 2006 г. – Кемерово : ГУ Кузбас. гос. техн. ун-т, 2006. – С. 208–209.
10. Буялич, Г.Д. Регулярная сетка конечных элементов манжетного уплотнения гидростоек / Г.Д. Буялич, К.Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 3 : Горное машиностроение. – С. 119–121.
11. Буялич, Г. Д. Анализ работы уплотнений гидростоек механизированных крепей / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 238–248.
12. Szurgacz D., Brodny J. Dynamic Tests of a Leg in a Powered Roof Support Equipped with an Innovative Hydraulic System // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 41. # 03019. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184103019>.
13. Zeng X. T., Meng G. Y., Zhou J. H. Analysis on the pose and dynamic response of hydraulic support under dual impact loads // IJSIMM17. – 2018. – Vol. 1. – p. 69–80. – DOI: [https://doi.org/10.2507/IJSIMM17\(1\)412](https://doi.org/10.2507/IJSIMM17(1)412).
14. Буялич, Г. Д. Оценка герметичности гидростоек механизированных крепей / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Динамика и прочность горных машин : сб. тр. II Междунар. конф., 28–29 мая. – Новосибирск : Ин-т горного дела СО РАН, 2003. – Т. 2. – С. 86–88.
15. Буялич, Г. Д. Особенности построения модели гидростойки при её расчётах на герметичность / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин, К. Г. Буялич // Безопасность жизнедеятельности предприятий

- в угольных регионах : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, ГУ КузГТУ, 15–16 нояб. 2005 г. – Кемерово : Кузбас. гос. техн. ун-т, 2005. – С. 246–247.
16. Классификация факторов, оказывающих влияние на работу манжетных уплотнений гидростоек механизированных крепей / М. А. Бяков, Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 12 (S65). – С. 29–37. – ISSN 0236-1493. – DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-65-29-37.
 17. Набатников, Ю. Ф. Повышение точности изготовления силовых гидроцилиндров механизированных крепей путем совершенствования технологического процесса сборки : автореф. ... д-р техн. наук : 05.02.08. – М. – 2012. – 36 с.
 18. Разработка модели для исследования шахтных гидравлических стоек двойной гидравлической раздвижности / Г. Д. Буялич, М. А. Бяков, К. Г. Буялич, С. В. Увакин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 12 (специальный выпуск 65). – С. 21–28. – DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-65-21-28.
 19. Radial deformations of working cylinder of hydraulic legs depending on their extension / Buyalich G.D., Buyalich K.G., Voyevodin V.V. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2015. – Vol. 91. – # 012087. – DOI:10.1088/1757-899X/91/1/012087.
 20. Буялич, К. Г. О моделировании резиноподобных материалов методом конечных элементов // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, ГУ КузГТУ, 15–16 нояб. 2005 г. – Кемерово : Кузбас. гос. техн. ун-т, 2005. – С. 234–235.
 21. Буялич, К. Г. Оценка параметров герметичности гидростоек механизированных крепей : автореф. ... канд. техн. наук : 05.05.06. – Кемерово. – 2015. – 16 с.

ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕРМООБРАБОТКОЙ

Т.Г. Ягудин, к.т.н, доц., О.С. Петухова, студ., Е.А. Смирнова, студ.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, тел. +7 (499)-141-94-11

E-mail: faculty1@mail.ru

Аннотация: В работе говорится, что для улучшения технологических свойств металла при изготовлении глубоких отверстий в деталях следует использовать предварительную термическую обработку заготовок. При этом регулирование внутренних напряжений с целью снижения и стабилизации всех видов коробления можно осуществлять варьированием прокаливаемости.

Abstract: The paper says that to improve the technological properties of the metal in the manufacture of deep holes in the details should use pre-heat treatment of blanks. In this case, the regulation of internal stresses in order to reduce and stabilize all types of distortion can be accomplished by varying the hardenability.

Ключевые слова: внутренние напряжения, коробление, термическая обработка

Keyword: internal stresses, warping, heat treatment

Поверхностная закалка с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) применяется для упрочнения глубоких отверстий диаметром более 100 мм как стальных, так и чугунных деталей [1]. Сущность этого процесса состоит в том, что помещенная в изменяющееся с большей частотой магнитное поле, глубокое отверстие разогревается индуктированными вихревыми токами (табл. 1).

Таблица 1

Ориентировочные значения скорости нагрева и удельной мощности, необходимые для достижения разных глубин нагрева

Глубина нагрева	Скорость нагрева в области фазовых превращений, С/с	Удельная мощность кВт/см ²
1-2	100-300	0,8-1,5
3-5	20-80	0,5-1,3
6-10	2-15	0,05-0,2

Примечание. Для глубины 1-2 мм меньшие значения удельной мощности соответствуют радиочастоте, большие - средней частоте.

Такая закалка позволяет получать высокую твердость и новую структуру поверхности глубокого отверстия деталей, что объясняется образованием в нем слоя структуры, состоящей из мартенсита и зерен цементита, при этом возрастают остаточные сжимающие напряжения. Твердость зависит также от количества углерода, содержащегося в стали. Для закалки с нагревом ТВЧ используются стали с содержанием углерода не менее 0,3-0,4%. При этом наиболее вероятное значение твердости HRC-20+60(2C-1,3C)2, где С - содержание в стали углерода в процентах. Это справедливо для сталей с содержанием углерода 0,15-0,75% [115].

Все детали после закалки с нагревом ТВЧ для снятия внутренних напряжений подвергаются обязательному низкотемпературному отпуску в печах или с нагревом ТВЧ до температуры 400-500 °С. При этом в поверхностном слое возникают растягивающие напряжения, а в переходном - сжимающие. Нагрев ТВЧ позволяет осуществлять местный отпуск и тем самым регулировать распределение напряжений и прочности слоя.

Обычно поверхностная закалка глубоких отверстий осуществляется отдельными участками последовательным нагревом. При этом индуктор или закаливаемая деталь перемещается со скоростью 2-6 мм/с.

При закалке ТВЧ свойства поверхностного слоя зависят от предварительной подготовки структуры. Чем больше степень дисперсности феррито-цементитных фаз в исходном состоянии после предварительного улучшения, тем более однородным получается слой, более плавным переход от закаленной зоны к незакаленной. Кроме того, чем грубее карбидная основа, тем ниже качество закаленного слоя. При этом поверхностный закаленный слой получается более твердым, чем при закалке с нагревом в печи. Это явление объясняется тем, что при закалке с нагревом ТВЧ карбидная фаза не переходит полностью в твердый раствор, а мартенсит упрочняется мелкими карбидами, что повышает износостойкость стали. Причем износостойкость, например, стали 45 при трении без смазки с большими скоростями повышается на 20-25%.

Качество поверхностной закалки ТВЧ зависит от продолжительности и режима нагрева, конструкции индуктора, величины зазора между закаливаемой поверхностью отверстия и индуктором, а также скоростью охлаждения. При этом охлаждение осуществляется либо в закалочных ваннах, которые используются для объемной термической обработки, либо спрейером – брызгающим устройством, обеспечивающим непосредственную подачу охлаждающей жидкости в зону нагрева. Роль спрейера играет сам индуктор, изготовленный в виде трубопровода с отверстиями, из которых жидкость (вода) под углом 30-40° подается на нагретую поверхность глубокого отверстия детали.

Обычно износостойкость, усталостная, контактная прочность и другие показатели свойств поверхностного слоя отверстий, закаленных с нагревом ТВЧ, зависят от глубины и твердости закаленного слоя. Так, например, для поверхности цилиндров из стали 40Х и 45 с увеличением глубины закаленного слоя от 1,0 до 2,0 мм число циклов до разрушения увеличивается более чем в семь раз. [2]

Широкое применение закалка с нагревом ТВЧ получила для упрочнения глубоких отверстий, как в стальных деталях, так и в чугунных. При этом изменения, происходящие в поверхностном слое чугуна при закалке с нагревом ТВЧ, зависят от его исходной структуры и технологии процесса поверхностной закалки. Такой закалкой можно получить упрочненный слой глубиной 2-3 мм. Причем твердость этого слоя значительно превышает твердость сердцевины[3] (табл. 2).

Таблица 2
Изменение структуры и твердости чугуна после поверхностной закалки с нагревом ТВЧ

Марка чугуна	Наименование чугуна	Количество в исходном чугуне, %		Твердость до закалки, НВ	Температура закалки, °С	Микроструктура закаленного слоя	Твердость после закалки HRC
		феррита	связанного углерода				
СЧ15-32	Перлитный	До 20%	0,4-0,5	162-229	900-970	Игольчатый мартенсит; графит пластинчатый	33-40
СЧ18-36	Перлитный повышенной прочности	До 10%	0,5-0,6	170-229	800-950	-	38-45

Ка чугу-	Наименование чугуна	Количество в исходном чугуне, %		Твердость до закал-	Температура закалки, °С	Микро- структура	Твердость после за-
СЧ21-40	Перлитный	До 5%	0,6-0,7	170-241	850-900	Игольчатый мартенсит; графит мелко- пластинчатый	45-52
СЧ28-48	Модифици- рованный средней проч- ности	2-3	0,6	170-241	850-900	Игольчатый мартенсит; графит пла- стинчатый	48-54
СЧ32-52	Модифици- рованный по- вышенной прочности	Нет	0,7-0,8	197-248	830-880	"-"	50-55
		Нет					54-60
ВЧ50-1,5	Перлитный высоко- прочный с шаровидным графитом	До 20%	-	217-269	900-950	Игольчатый мартенсит; вокруг глобу- лей графит оторочка мар- тенсита и далее неболь- шая оторочка феррита	43-50

Примечание. Данные в табл. получены при закалке на высокочастотных установках с ламповым генератором глубоких отверстий диаметром 100 мм длиной 600 мм: охлаждением водой; скорость нагрева в области фазовых превращений 100-300 °С/с.

Список литературы:

1. Pakhomova S.A., Unchikova M.V., Fakhurtdinov R.S. Gear wheels surface engineering by deformation hardening and carburization. Materials Science Forum, 2016, vol. 870, pp. 383–391.
2. Pakhomova S.A., Ryzhov N.M., Vasilev V.R. Changes in the structure of marten site of iron nickel alloys under the action of thermal shot blast treatment. Metal Science and Heat Treatment, 2001, vol. 43, no. 11–1, pp. 438–439.
3. Bhardwaj B., Kumar R., Singh P.K. Surface Roughness (Ra) prediction model for turning of AISI 1019 steel using response surface methodologie and Box-Cox transformation. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. Vol 228, Issue 2, 2014, 223-232 p

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГОРЕНИЯ РАЗРЯДА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОРОШКОВОГО КАРБИДА БОРА, ПОЛУЧЕННОГО В АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р.С. Мартынов асп., А.Я. Пак к.т.н.

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. +7 906 948 12 68

Аннотация: Приведены результаты экспериментальных исследований влияния продолжительности синтеза на степень кристалличности и на фазовый состав порошкового продукта, содержащего карбид бора В13С2, полученного в электрической дуге постоянного тока, инициированной в открытом воздушном пространстве.

Abstract: Provided the results of experimental studies targeted at identifying the synthesis influence on crystallinity and phase composition of a powder product containing boron carbide В13С2, that was gained in direct current electric arc, which was initiated in open air space.

Ключевые слова: порошковые материалы, карбид бора, карбиды, атмосферная плазма дугового разряда, синтез порошковых материалов.

Keyword: powder materials, boron carbide, carbides, atmospheric arc discharge plasma, synthesis of powder materials.

Введение

Одним из наиболее перспективных сверхтвердых материалов является карбид бора. Данный материал обладает рядом уникальных свойств: низкая плотность (~2,5 г/см³), высокая температура плавления (~2620-2740 °С), высокое удельное сопротивление некоторым типам излучения [1].

Существует множество методов синтеза данного материала, например, карботермическое восстановление оксида бора, плазменное распыление, кристаллизация из расплава и др. [2-5].

Одним из возможных и экономически-эффективных способов синтеза данного материала является метод, реализуемый в атмосферной плазме дугового разряда постоянного тока; применяемый сегодня для синтеза углеродных наноструктур [6] и карбида бора [7]. Данный метод не предполагает наличие специальной защитной среды или вакуума для проведения синтеза.

Технология процесса проведения синтеза данным методом заключается в следующем: в графитовый тигель-катод засыпается исходная смесь порошков углерода (22 мас. %) и бора (78 мас. % с небольшим содержанием оксида бора); далее, при помощи графитового электрода (анода) инициируется электродугоразрядный процесс (рис.1), при этом температура электрической дуги может достигать 12000 °С [8].

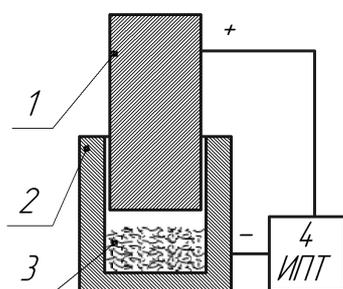


Рис. 1. 1 – графитовый анод;
2 – графитовый тигель – катод;
3 – синтезируемый порошок карбида бора B13C2; 4 – источник постоянного тока

Синтез представляет собой сложный физический процесс. Главным преимуществом такого метода является высокая производительность получения порошка карбида бора, а также отсутствие необходимости в использовании защитной среды или получении вакуума, поскольку в полости графитового тигля-катада при горении дугового разряда генерируется газообразный оксид углерода CO, который предотвращает окисление получаемого порошка на основе карбида бора кислородом атмосферного воздуха.

Результаты и обсуждение

Получаемый материал карбида бора B13C2 является продуктом воздействия атмосферной плазмы дугового разряда постоянного тока на порошковую смесь углерода и бора.

Данным методом были получены образцы порошков с различным содержанием фазы карбида бора B13C2, свободного бора B, углерода C в форме графита и оксида бора B2O3 (табл.1).

Таблица 1

Зависимость содержания фаз и степени кристалличности от времени синтеза.

№	C, %	B, %	B13C2, %	B2O3, %	t, сек	K, %
1	44,93	-	49,80	5,27	9,5	45,65
2	74,81	-	22,96	2,23	11,0	46,05
3	83,20	-	16,80	0,00	21,0	55,91

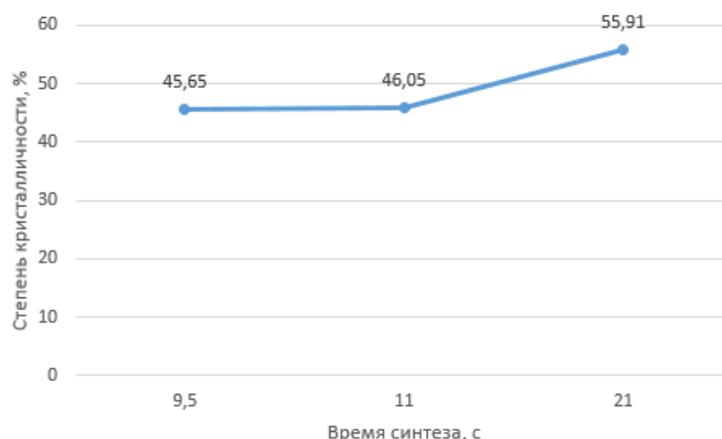


Рис. 2. Зависимость степени кристалличности от продолжительности синтеза

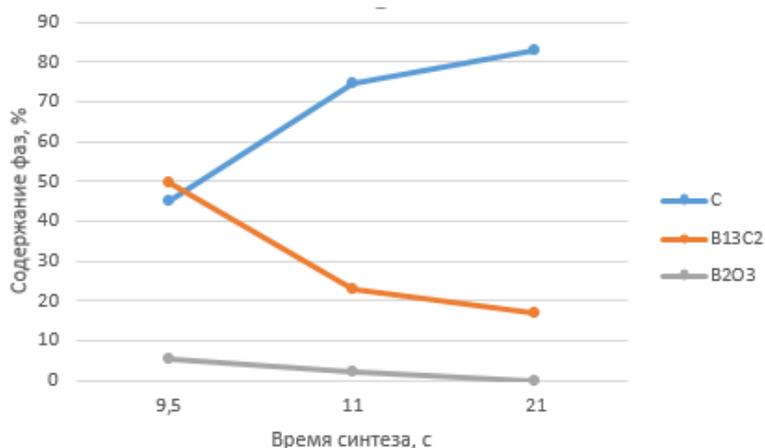


Рис. 3. Зависимость фазового состава от продолжительности синтеза

Согласно полученным зависимостям (рис.2) степень кристалличности возрастает с увеличением продолжительности синтеза; такой эффект может быть связан с ростом количества подведенной энергии, что представляется естественным. Согласно количественному рентгенофазовому анализу (рис.3) с увеличением продолжительности синтеза снижается практически до нуля доля оксида бора. Доля графита возрастает, что связано с явлением электрической эрозии [9]. Соответственно, на фоне роста эродирующей массы графита, относительная доля карбида бора становится меньше.

Список литературы:

1. Андриевский П.А. // Успехи химии. 2012. Т. 81. В. 6. С. 549–559.
2. Foroughi P., Cheng Z. // Ceram. Int. 2016. V. 42. N 14. P. 15189–15198.
3. Mishra A., Sahoo R.K., Singh S.K., Mishra B.K. // J. Asian Ceram. Soc. 2015.V. 3. N 4. P. 373–376.
4. Tu R., Li N., Li Q.Z., Zhang S., Zhang L.M., Goto T. // J. Eur. Ceram. Soc. 2016.V. 36. N 16. P. 3929–3937.
5. Bute A., Jagannath, Kar R., Chopade S.S., Desai S.S., Deo M.N., Pritty Rao, Chand N., Kumar S., Singh K., Patil D.S., Sinha S. // Mater. Chem. Phys. 2016.V. 182. P. 62–71.
6. Y. Su, H. Wei, T. Li, H. Geng, and Y. Zhang // Mater. Res. Bull. – 2014. – 50. – 23.
7. A.Ya. Pak and G. Ya. Mamontov // Technical Physics Letters. – 2018. – 44. – 7. 26.
8. Schur D. V. et al. Production of carbon nanostructures by arc synthesis in the liquid phase // Carbon. – 2007. – Т. 45. – №. 6. – С. 1322-1329.9
9. Arora N., Sharma N. N. Arc discharge synthesis of carbon nanotubes: Comprehensive review //Diamond and Related Materials. – 2014. – Т. 50. – С. 135-150.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

О.Г. Девойно¹, д.т.н., проф., А.П. Пилипчук², к.т.н., доцент, А.С. Лапковский¹, научн. сотр.

¹ Белорусский национальный технический университет,
220013, Республика Беларусь, Минск, пр. Независимости, 65

² Военная академия Республики Беларусь
220057, Республика Беларусь, Минск, пр. Независимости, 220

E-mail: vikmech@mail.ru

Аннотация: Эффективным способом исследования процесса формирования остаточных напряжений в настоящее время является математическое моделирование. В работе предложен подход к определению продольных температурных напряжений на основе использования метода переменных параметров упругости.

Abstract: An effective way to study the process of the formation of residual stresses at the present time is mathematical modeling. In this paper, an approach is proposed for determining the longitudinal thermal stresses during laser processing based on the use the method of variable elastic parameters.

Ключевые слова: лазерная обработка, бесконтактная лазерная деформация, остаточные напряжения, математическое моделирование

Keyword: laser processing, contactless laser deformation, residual stresses, mathematical modeling

Лазерная обработка поверхности деталей основана на возможности лазерного излучения создавать на малом участке поверхности высокие плотности теплового потока, необходимые для интенсивного нагрева или расплавления практически любого материала. В отличие от традиционных технологий термической и химико-термической обработок поверхности материалов в машиностроении, лазерная обработка характеризуется более высокой эффективностью и уникальностью получаемых результатов. В настоящее время активно развиваются способы создания трехмерных объектов с использованием лазерного излучения. Примером данных технологий [1-4] являются аддитивные технологии (Additive Fabrication/AF) и технологии бесконтактной лазерной деформации. Характерной особенностью данных методов является использование лазерного излучения для локального спекания/сплавления исходного материала или бесконтактной деформации без приложения внешних сил с помощью температурных и структурных напряжений. На рисунках 1,2 представлены фотографии образцов полученных в научно-исследовательской лаборатории плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета методом селективного лазерного плавления (SLM) с использованием разработанного оборудования [5,6] и методом бесконтактной лазерной деформации.



Рис. 1. Внешний вид образца полученного методом SLM (сплав ПГ-СРЗ)



Рис. 2. Внешний вид образца полученного методом бесконтактной лазерной деформации

Интерес к данным технологиям, в качестве альтернативы традиционным технологическим методам для производства товарной продукции обусловлен высокой гибкостью, т.е. способностью переналадки оборудования в кратчайшие сроки для производства разнотипных деталей. Данные технологии целесообразно использовать, когда традиционные методы оказываются не только дороги в плане материальных потерь, но и затратны по времени. При лазерной обработке в поверхностном слое в результате неравномерных нагрева, высоких скоростей охлаждения зоны обработки и изменений объемов материала вследствие температурного расширения возникают остаточные напряжения. Механизм формирования напряженного состояния при воздействии поверхностного высококонцентрированного источника энергии рассмотрен в работах Г.А. Николаева, Н.О. Окерблома, И.П. Трочуна, Г.Б. Талыпова и других авторов [7,8]. Остаточные напряжения достигают значительных величин и в сумме с действующим внешним напряжением формируют результирующее напряженное состояние. На рисунке 3 представлены фотографии трещины в газотермическом покрытии после лазерного оплавления, на рисунке 4 фотографии трещины в образце полученным методом селективного лазерного плавления (рис.1). Причиной образования данных дефектов являются высокие скорости нагрева и охлаждения, способствующие образованию внутренних напряжений. На основе анализа характера расположения трещин (рис.4) сформулировано предположение об определяющей роли продольных напряжений.

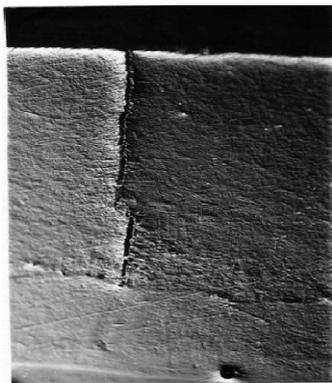


Рис. 3. Трещина в покрытии (ПП-СР3) после лазерного оплавления



Рис. 4. Трещины в образце (область 1 рис. 1)

Эффективным способом исследования процесса формирования остаточных напряжений в настоящее время является математическое моделирование на основе решения задачи теории пластичности. Для решения технических задач целесообразно пользоваться частными вариантами данной теории, что позволяет облегчить процесс решения и при этом достаточно полно исследовать напряженное состояние. В данной работе для выявления закономерностей образования остаточных напряжений использован метод переменных параметров упругости. В основе данного метода лежит представление уравнений термопластичности как уравнений термоупругости. На основе метода переменных параметров упругости выполнен расчет напряженного состояния для системы никель – сталь 40Х. В рассмотренной задаче условия сходимости выполнены в четвертом приближении (кривая 4, рис.5). Для сравнения на рисунке представлен результат расчета напряжений в предположении, что материал является идеально упругим (кривая 1, рис.5).

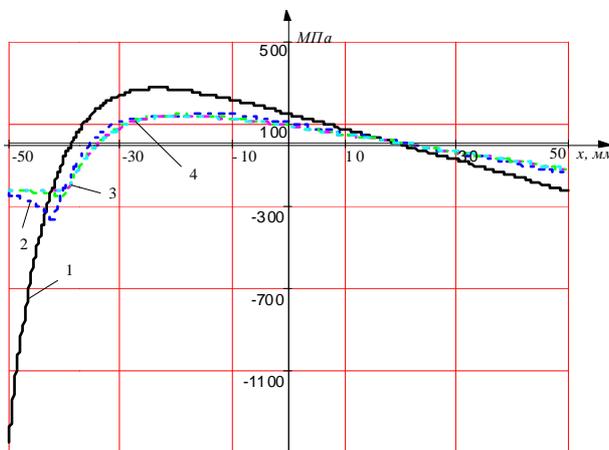


Рис. 5. Температурные напряжения в системе никель – сталь 40Х на этапе нагрева (1 – упругий расчет; 2, 3, 4 – расчет по методу переменных параметров упругости)

Применение метода переменных параметров упругости позволило решить задачу оценки напряженного состояния в детали с покрытием. Полученное решение можно использовать для выбора материалов покрытия, определения оптимальных способов и режимов поверхностного упрочнения деталей на стадии их проектирования.

Список литературы:

1. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И.Н. Мутылина. – С-Пб.: Изд-во политехн. ун - та, 2013. – 222 с.

2. Логачева, А.И. Аддитивные технологии производства ответственных изделий из металлов и сплавов (обзор) / А. И. Логачева, Ж. А. Сентюрина, И. А. Логачев // Перспективные материалы. – 2015. – № 5. – С. 5–15.
3. Шишковский, И. В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗ-МАТЛИТ, 2009. – 424 с.
4. Моделирование процесса бесконтактной лазерной деформации адаптивным методом / Л.Ф. Головкин [и др.] // Электронное моделирование. – 2011. – №3. – С. 71–84.
5. Разработка технологии создания деталей методом СЛС из сплава ПГ-СР 3 / Пилипчук А.П., Девойно О.Г., Девойно Д.Г. // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в машиностроении», 19-21 мая, Томск, 2016 г. – С. – С. 164 – 167.
6. Формирование градиентных материалов при селективном лазерном спекании Девойно Д.Г., Девойно О.Г., Жарский В.В., Луцко Н.И., Лапковский А.С. Машиностроение / Республиканский межведомственный сборник научных трудов / – 2017. – Вып.30
7. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: справочник / Н. Н. Рыкалин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с., ил.
8. Григорьянц, А.Г. Основы лазерной обработки материалов / А.Г. Григорьянц. – М. Машиностроение, 1989. – 304 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Н.А. Рыбушкин, магистрант, А.Ю.Афанасьев, д. т. н., проф. каф. ЭО

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ

420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, тел. +7 (843) 231 01 09

Email: nikolay_rybushkin@mail.ru

Аннотация: Объект исследования – электропривод с асинхронным двигателем. Цель работы – разработка оптимальных по общему энергопотреблению законов работы электропривода с асинхронным двигателем. В процессе работы использовались аналитические и численные методы параметрической оптимизации и оптимального управления. Получены значения параметров и закон изменения момента электропривода с энергосбережением.

Abstract: The object of study is an electric drive with asynchronous motor. The purpose of the work is the development of optimal for the overall energy consumption laws of the electric drive with an asynchronous motor. In the process, analytical and numerical methods of parametric optimization and optimal control were used. The obtained values of the parameters and the law of change of the moment of the electric drive with energy saving.

Ключевые слова: энергосбережение, электропривод, двигатель постоянного тока, момент.

Keyword: energy saving, electric drive, asynchronous motor, moment.

Трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором являются наиболее распространенным типом электрических машин благодаря дешевизне и высокой надежности. К недостаткам асинхронных двигателей относится их сравнительно большая масса и невысокий КПД, связанный с отсутствием на роторе источника магнитного поля. Современные электроприводы с асинхронными двигателями имеют векторное управление, при котором ориентация подвижной системы координат осуществляется по вектору потокосцепления ротора и разделены каналы управления продольным потокосцеплением и управления электромагнитным моментом. Классические электроприводы с тахогенератором и датчиками основного потокосцепления в настоящее время заменяются на бездатчиковые электроприводы с идентификацией параметров и процессов по сигналам напряжений и токов обмотки статора в режиме нормального функционирования.

Применение преобразователей частоты с возможностью программирования зависимости действующих значений переменных напряжений от их частоты позволяет реализовать требуемый электромагнитный момент при оптимальной частоте скольжения, когда суммарные потери мощности в меди и в стали минимальны.

На автобусе ЛиАЗ-5292 в качестве асинхронного мотора-генератора и тягового асинхронного двигателя разработаны, изготовлены и испытаны асинхронные машины. Единственной реальной альтернативой асинхронным машинам в мощном тяговом электроприводе являются синхронные машины с возбуждением от постоянных магнитов типа NdFeB (неодим-железо-бор). Они имеют лучшие удельные массо-

габаритные характеристики, КПД и некоторые другие параметры. Однако асинхронные машины существенно превосходят их в простоте обслуживания, надежности и механических характеристиках. Кроме того, асинхронный привод отличается лучшим соотношением цены и качества.

Для электропривода с асинхронным двигателем уравнение связи между моментом и мощностью потерь имеет вид:

$$P = |M| (c_0 + c_1 |\omega| + c_2 \omega^2) + c_3 |M|^3. \quad (1)$$

Момент сопротивления, приведенный к валу двигателя, дается выражением:

$$M_c = k_0 + k_1 \omega + k_2 \omega |\omega|. \quad (2)$$

Уравнения движения имеют вид:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega; \quad (3)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = (M - M_c) / J. \quad (4)$$

Заданы начальные и конечные условия:

$$\alpha(0) = \alpha_0; \quad \omega(0) = \omega_0; \quad \alpha(t_f) = \alpha_f; \quad \omega(t_f) = \omega_f. \quad (5)$$

Требуется найти закон изменения момента $M(t)$, при котором функционал

$$\int_0^{t_f} (P + \omega M) dt \Rightarrow \min. \quad (6)$$

Решать задачу будем методом принципа максимума Л.С. Понтрягина. Заменяем обозначения переменных:

$$\alpha = x_1; \quad \omega = x_2; \quad M = u.$$

Уравнения динамики и функционал принимают вид:

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2; \quad (7)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = (u - k_0 - k_1 x_2 - k_2 x_2 |x_2|) / J. \quad (8)$$

$$\int_0^{t_f} (|u| (c_0 + c_1 |x_2| + c_2 x_2^2) + c_3 |u|^3 + x_2 u) dt \Rightarrow \min. \quad (9)$$

Решая данные уравнения получим формулу:

$$u = \text{sign}(u) \sqrt{\frac{(\psi_2 / J - x_2) \text{sign}(u) - \phi(x_2)}{3c_3}}. \quad (10)$$

Была разработана программа в системе Turbo-Pascal. Параметры электропривода имеют следующие значения:

$$c_0 = 0,5; \quad c_1 = 0,005; \quad c_2 = 0,001; \quad c_3 = 0,1;$$

$$k_0 = 2; \quad k_1 = 0,05; \quad k_2 = 0,002; \quad k_3 = 0,02;$$

$$A_m = 0,1; \quad J = 3,0; \quad n = 43800; \quad h = 0,0025.$$

Масштабы для графики фазовых координат $x_1, x_2 - (m_1, m_2)$, для сопряженных переменных $\psi_1, \psi_2 - (m_3, m_4)$, для энергии потерь $W - (m_5)$, для момента $M - (m_6)$, для статического момента $M_c - (m_7)$ и гамильтониана $H - (m_8)$ имеют значения:

$$m_1 = 0,16; \quad m_2 = 16; \quad m_3 = 30;$$

$$m_4 = 4; \quad m_5 = 0,28; \quad m_6 = 40;$$

$$m_7 = 40; \quad m_8 = 6,5.$$

Начальные условия для фазовых координат и сопряженных переменных:

$$x_1(0) = 0; \quad x_2(0) = 0; \quad \psi_1(0) = 6,368375; \quad \psi_2(0) = 50.$$

На рисунке 1 представлены графики сигналов при оптимальном управлении электроприводом с асинхронным двигателем. Отметим, что в связи с неустойчивостью полной системы дифференциальных уравнений требуется тщательное нахождение начального значения для сопряженной переменной ψ_1 , чтобы наблюдался интервал движения с постоянной скоростью.

Можно отметить 5 интервалов времени. На первом интервале электромагнитный момент M уменьшается до значения, близкого к статическому моменту M_c . Скорость вращения растет от нуля до установившегося значения.

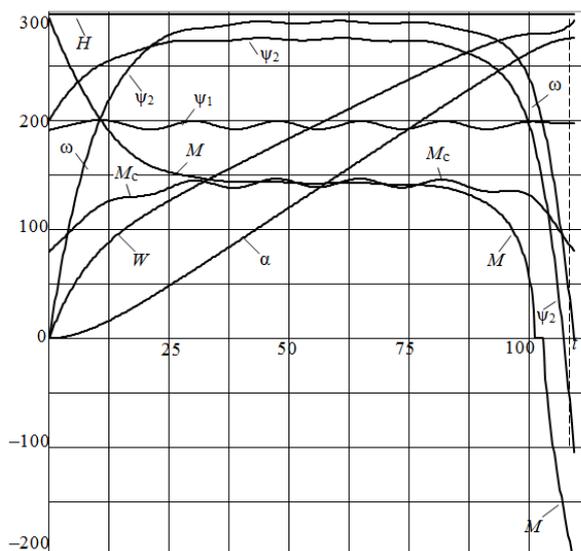


Рис. 1. Графики сигналов при оптимальном управлении асинхронным двигателем

Второй интервал соответствует движению со скоростью, почти постоянной. Небольшие ее колебания связаны со статическим моментом, имеющим периодическую составляющую. Здесь электромагнитный момент M близок к статическому моменту M_c .

На третьем интервале электромагнитный момент M уменьшается до нуля. При этом скорость вращения уменьшается. Четвертый интервал характерен нулевым электромагнитным моментом M . Скорость вращения двигателя снижается из-за статического момента M_c .

На пятом интервале отрицательный электромагнитный момент M резко возрастает по модулю, и происходит быстрое торможение двигателя вплоть до остановки.

Список литературы:

1. Афанасьев А. Ю. Основы автоматизированного электропривода. Учебное пособие.– Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005.– 125 с.;
2. Ганзбург Л.Б., Федотов А.И. Проектирование электромагнитных и магнитных механизмов: Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 364 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОКАМИ ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.Ю. Афанасьев, д. т. н., проф. каф. ЭО, Н.А. Рыбушкин, магистрант

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ

420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, тел. +7 (843) 231 01 09

Email: nikolay_rybushkin@mail.ru

Аннотация: Объект исследования – индукторный двигатель. Цель работы – разработка оптимальных по потреблению электроэнергии законов управления токами индукторного двигателя. В процессе работы использовались аналитические и численные методы параметрической оптимизации и оптимального управления. Получены значения параметров напряжения и тока при оптимальном управлении.

Abstract: The object of study - induction motor. The purpose of the work is to develop optimal laws for the electric power consumption for controlling the currents of an inductor motor. In the process of work, analytical and numerical methods of parametric optimization and optimal control were used. The values of voltage and current parameters are obtained with optimal control.

Ключевые слова: энергосбережение, индукторный двигатель, момент, ток, напряжение.

Keyword: energy saving, inductor motor, moment, current, voltage

Регулируемый электропривод индукторного типа предназначен для привода механизмов различного назначения с регулируемой скоростью вращения. Характерные свойства индукторного привода:

- отсутствие всяких обмоток на ферромагнитном зубчатом роторе электродвигателя и пониженная рабочая температура подшипников;
- надежная конструкция статора с открытыми пазами и с обмоткой в виде полюсных катушек с высокой вибрационной стойкостью и ремонтпригодностью;
- высокая тепловая надежность в условиях длительной перегрузки;
- гарантированный пусковой момент в 200 % от номинала;
- широкий диапазон номинальных рабочих скоростей от 75 до 12000 об/мин;
- силовая электрическая схема преобразователя отличается повышенной надежностью, т.к. не допускает сквозных коротких замыканий; возможно независимое управление однополярными импульсами токов фаз, даже при выходе из строя одной из фаз;
- поддержание КПД практически неизменным при снижении нагрузки в несколько раз (Рис. 1).

Кроме электрической машины (электромеханического преобразователя) с реактивным ротором вентильный индукторный электропривод содержит датчик положения ротора, микропроцессорную систему управления, силовой электронный преобразователь с отдельным питанием каждой фазы обмотки статора.

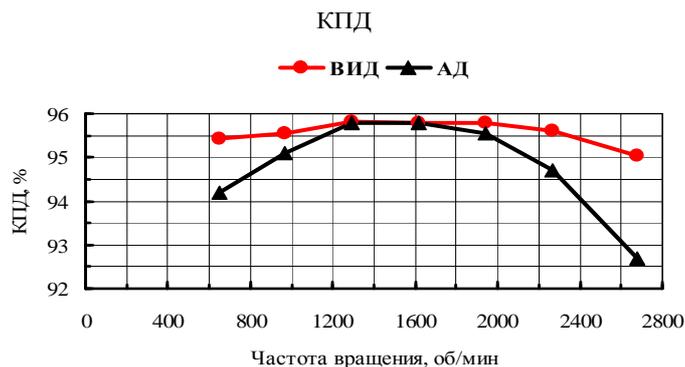


Рис. 1. Зависимости КПД от частоты вращения

Рассмотрим индукторный электродвигатель. Электромагнитный момент, создаваемый одной фазой, определяется формулой:

$$M = 2p \frac{(iw)^2}{2} \frac{d\Lambda}{d\alpha}. \quad (1)$$

Здесь i – ток фазы; w – число витков на одном зубце (число витков катушки); p – число пар полюсов (здесь $p = 2$); Λ – магнитная проводимость между зубцом статора и зубцом ротора; α – угол поворота ротора, геом. рад.

Предположим, что магнитная проводимость Λ зависит от угла α по закону

$$\Lambda = \Lambda_0 + \Lambda_m \sin 4p\alpha, \quad (2)$$

где Λ_0 – среднее значение Λ ; Λ_m – амплитуда пульсации. Отметим, что $4p$ – число зубцов ротора. Тогда момент M будет изменяться по закону

$$M = 4p^2 (iw)^2 \Lambda_m \cos 4p\alpha. \quad (3)$$

Уравнение баланса напряжений удобнее записать, пользуясь выражением для индуктивности фазы. Предположим, что индуктивность определяется формулой

$$L = L_0 + L_m \sin 4p\alpha, \quad (4)$$

где L_0 – среднее значение; L_m – амплитуда ее переменной составляющей. Напряжение фазы определяется выражением:

$$u = ri + L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}. \quad (5)$$

Требуется найти закон изменения тока, при котором создается требуемый средний электромагнитный момент M_{cp} , а средняя мощность потерь P минимальна.

Уравнения динамики с учетом индуктивности обмотки имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{di}{dt} &= \frac{1}{L} \left(u - ri - i \frac{dL}{dt} \right); \\ \frac{dM_{cp}}{dt} &= \frac{3}{T} M; \\ M &= 2pi^2 L_m \cos 4p\alpha; \\ P &= \frac{3}{T} \int_0^T ri^2 dt \Rightarrow \min. \end{aligned}$$

Решим поставленную задачу методом принципа максимума Л.С. Понтрягина. Составим гамильтониан:

$$H = -ri^2 + \psi_1 2pi^2 L_m \cos 4p\alpha + \psi_2 \frac{1}{L} \left(u - ri - i \frac{dL}{dt} \right) \Rightarrow \max. \quad (6)$$

Уравнения относительно сопряженных переменных ψ_1, ψ_2 имеют вид:

$$\frac{d\psi_1}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial M_{cp}} = 0; \quad (7)$$

$$\frac{d\psi_2}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial i} = 2ri - 4\psi_1 pi L_m \cos 4p\alpha + \frac{\psi_2}{L} \left(r + \frac{dL}{dt} \right). \quad (8)$$

Отсюда следует

$$\psi_1 = \psi_{10} = \text{const.} \quad (9)$$

Максимум гамильтониана по управлению u (это напряжение фазы) достигается при условии

$$u = U_m \text{sign} \psi_2. \quad (10)$$

Возможно также особое управление, когда на некотором интервале времени гамильтониан не зависит от управления:

$$\psi_2 \equiv 0. \quad (11)$$

При этом из уравнения (8) следует, что в это время

$$i \equiv 0. \quad (12)$$

Наконец, возможны интервалы времени, на которых ток i имеет предельное значение, т.е.

$$i \equiv I_m. \quad (13)$$

Отметим, что в течение всего процесса величина гамильтониана H остается постоянной.

На рисунке 2 представлены графики напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$.

Можно выделить несколько интервалов времени. На интервале (t_0, t_1) ток фазы i равен нулю. В это время соответствующие зубцы или слабо тянут, или не в ту сторону, т.е. они создавали бы отрицательный момент.

На интервале (t_1, t_2) напряжение u имеет максимальное значение U_m . При этом ток i быстро увеличивается до предельного значения I_m .

Интервал (t_2, t_3) имеет наиболее благоприятные условия для протекания тока, который равен предельному значению I_m .

На интервале (t_3, t_4) напряжение u имеет максимальное по модулю отрицательное значение $-U_m$. При этом ток i быстро уменьшается до нуля.

Интервал (t_4, t_5) не обеспечивает эффективное использование тока, который равен здесь нулю. Далее процесс повторяется.

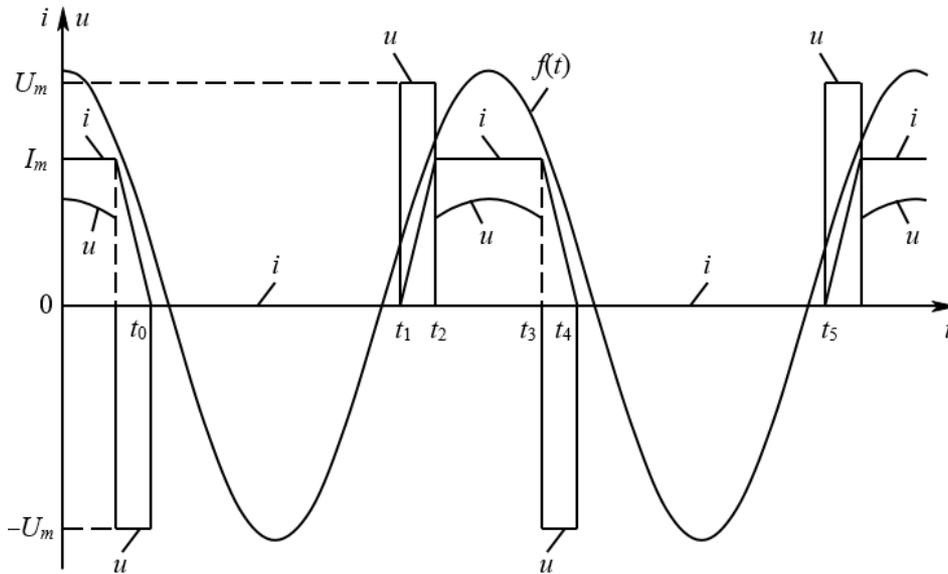


Рис. 2. Графики тока и напряжения фазы при оптимальном управлении

Список литературы:

3. Афанасьев А. Ю. Основы автоматизированного электропривода. Учебное пособие.– Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005.– 125 с.;
4. Ганзбург Л.Б., Федотов А.И. Проектирование электромагнитных и магнитных механизмов: Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 364 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА АВТОКОЛЕБАНИЙ В ЗАМКНУТЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

О.Н. Инденко, к.т.н, доцент

Кемеровский государственный университет

650000, г. Кемерово ул. Красная 6, тел. 8-(3842)-58-37-43

E-mail: oksana230805@mail.ru

Аннотация: В работе предметом исследований является актуальная задача распознавания динамики нелинейной технической системы управления с типовыми статическими характеристиками. Автором изложены свойства и эффекты статических нелинейных звеньев разной физической и механической природы, рассмотрены особенности моделирования систем управления со статической нелинейностью, описаны принципы их структурных преобразований, показан пример управления нелинейной системой.

Abstract: In the work of the subject of research is the urgent task of nonlinear dynamics technical recognition control systems with typical static characteristics. The author outlines the properties and effects of static non-linear links in different physical and mechanical nature, peculiarities of modeling control systems with static nonlinearities, describes the principles of their structural transformation, shows an example of a nonlinear control system.

Ключевые слова: математическое моделирование, теория автоматического управления, нелинейные характеристики.

Keyword: mathematical modeling, automatic control theory, nonlinear characteristics.

Моделирование динамических характеристик сложных и уникальных систем управления составляет самостоятельное направление в технической кибернетике. В данной предметной области разработаны методы оценивания неизвестных параметров передаточной функции, сформулированы алгебраические и частотные критерии устойчивости, управляемости и наблюдаемости, очерчены разнообразные схемы учета и коррекции нелинейных элементов, известны алгоритмы адаптивного управления и идентификации [1].

Нелинейные, уникальные системы технической диагностики существенно, значительно разнообразнее, чем линейные, и, соответственно, отражают линейные системы как частное, довольно узкое подмножество. При решении производственных задач традиционно обращаются к линейной теории как более тривиальной. И только в случае, когда нелинейность играет неотъемлемую роль, которую невозможно игнорировать, в процессе диагностики состояния объекта, прибегают к нелинейной постановке задачи [2].

При исследовании и описании нелинейных технологических процессов следует своевременно учитывать серию явлений, несвойственных линейной теории и являющихся воздействием неотъемлемых физических особенностей и производственных факторов: разнообразных петель гистерезиса, присутствия сухого трения и зазоров в кинематике, люфтов, эффектов упора, насыщения в связи с ограничениями вариаций давлений, величины передаваемой мощности. Более того, нелинейные схемы зачастую рассматривают искусственно, преднамеренно для реализации, анализа и стабильного поддержания требуемых градуировочных показателей качества системы автоматического управления (САУ) [3].

Непрерывные и цифровые САУ представлены широким спектром в повседневной жизни, начиная от бытовых приборов, заканчивая промышленным производством, информационными технологиями. Примерами выступают духовые шкафы, котельные нагревательные агрегаты, ракетные и космические установки, автоматические коробки передач транспортных механизмов, автопилоты и прочее. Существенные и далеко нетривиальные задачи возникают на этапе математического моделирования системы в условиях полной или частичной априорной неопределённости о структуре и параметрах функциональных моделей. Более того, большинство из них являются составными, включающие параллельные, последовательные и встречно-параллельные соединения серии блоков, звеньев. Отдельное звено имеет вход и выход, обозначающие передачу информации. При передаче

информации из одного звена в другое, при дискретизации аналоговых сигналов можно утратить её часть, что повлечет за собой ошибки, сбой и даже аварийную ситуацию системы.

Одними из наиболее важных моментов в построении математических моделей являются: выбор шага (длины, интервала отсчетов) квантования при дискретизации аналоговых сигналов, использование недостоверных измерений, привлечение недостаточно обоснованных методик моделирования [1–3]. К организации процедуры дискретизации используют как равномерные, так и нерегулярные точечные и групповые способы опроса сигнала.

Проблема моделирования и идентификации структуры и параметров непрерывной и дискретной моделей объектов диагноза в терминах «вход-выход» традиционно актуальна. Автором рассмотрены возможности использования структурно-параметрической идентификации непрерывной и дискретной передаточных функций на основе их дробно-рациональной аппроксимации по результатам выборочной информации о входных и выходных переменных объекта управления [4].

Нелинейность становится более значимой для производственных и технологических процессов по мере повышения требований к их качеству и точности расчёта моделей. При этом, традиционно разделяют отражение следующих типов нелинейностей: статических и динамических. Выходная переменная статических нелинейных звеньев в текущий момент времени зависит от значений входной и не зависит от того, как входной сигнал изменялся до отсчётного момента времени.

Особенности и нелинейные свойства системы управления в подавляющем большинстве определяются проявлением именно статических характеристик [2], поэтому безусловно важны вопросы своевременного распознавания и моделирования вида статической нелинейности динамического объекта по результатам эмпирических дискретных наблюдений его вход-выходных сигналов.

Схема, операторные и дифференциальные уравнения нелинейной системы могут быть весьма сложными в зависимости от количества, класса и места включения нелинейных элементов. Большинство нелинейных технологических систем включают непосредственно одно существенно нелинейное звено (рис.1.).

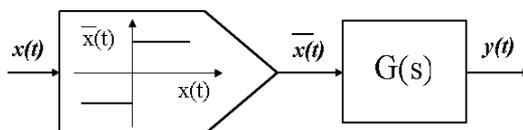


Рис. 1. Структурная схема нелинейной системы управления

В приведенной структурной схеме последовательно отражены составляющие компоненты:

$x(t)$ – входной сигнал (воздействие);

\bar{x} – типовая нелинейная характеристика;

$G(s)$ – непрерывная передаточная функция линейной части динамического объекта;

$y(t)$ – выходная переменная (сигнал) нелинейной системы.

Традиционно группируют типологию нелинейных звеньев по принятым разновидностям [5-6]:

- релейные (идеальные и реальные) элементы;
- нелинейные звенья с кусочно-линейными характеристиками;
- нелинейные элементы со степенными характеристиками;
- нелинейные звенья с характеристиками типа «сухое трение».

Релейные элементы в литературных источниках отражены широким спектром: в технической кибернетике повсеместно применяют переключательные (пороговые) элементы двухпозиционные и многопозиционные. Функциональная миссия реле – изменять скачком выходной сигнал в отсчёт времени, когда входной сигнал переходит, монотонно изменяясь, заданный пороговый уровень.

Релейная характеристика с зоной нечувствительности присутствует в наличии стабилизаторов, двигателей. Элементарной и простейшей механической моделью можно проиллюстрировать схему соединения двух валов с пружинным возвратом ведомого в нейтральное (начальное) положение с присутствием зоны свободного хода (люфта) в системе сцепления и передачи.

В связи с тем, что нелинейность невозможно идентифицировать осуществлением одной реализации, то входной сигнал зададим в виде известной скачкообразной функции $x(t) = \alpha \times 1(t)$, где α – const. Варьируя значение её амплитуды, получим комплекс реализаций, позволяющих изучить выполнение принципа суперпозиции. Новизна предложенных исследований проявляется в использовании итерационных свойств и теории сходимости, сжатия, рекуррентных алгебраических процедур

непрерывных дробей для определения временных характеристик сложных и даже уникальных объектов [4]. Как показывает анализ и статистика произошедших предаварийных и аварийных ситуаций для динамических объектов: неминимально-фазовые и неустойчивые объекты наиболее часто составляют основу таких прецедентов.

В серии проведённых тестовых исследований линейная часть системы обладала природой апериодического объекта. Для восстановления структуры и определения неизвестных параметров линейной части динамического объекта применяется модифицированный метод В. Висковатова [3].

Анализ поведения переходной реакции на ступенчатое воздействие, позволяет сделать вывод о нарушении выполнения принципа суперпозиции, следовательно, в моделируемом объекте непременно присутствует нелинейное звено.

В частности, если при различных вариациях амплитуды α подаваемого ступенчатого сигнала выходная переменная $y(t)$ в установившемся режиме выходит на постоянные значения с недвойко присущей полярностью, то линейная часть системы отражает характер идеальной релейной характеристики.

При наблюдении временного участка, на котором различным значениям $x(t)$, соответствует $y(t) = 0$, то есть объект не реагирует на подаваемый входной сигнал, несомненно, в указанном диапазоне присутствует участок с зоной нечувствительности.

В результате модельных и тестовых исследований оценки неизвестных параметров нелинейной характеристики были получены при вариациях амплитуды α в указанном диапазоне. При этом, в каждом случае вид выходной переменной объекта соответствовал переходной кривой типового апериодического звена 1-го порядка.

Анализ полученных эмпирических данных свидетельствует, что при вариациях амплитуды ступенчатого сигнала $\alpha = -4; -3; -2; 2; 3; 4$ реакция объекта остается постоянной, демонстрируя при этом выраженную двухпозиционную полярность. Более того, при $\alpha = -1; 0; 1$ объект «не отвечает», не реагирует на изменение амплитуды входного воздействия, следовательно, сформировалась «зона нечувствительности». Очевидно, в исследуемой системе присутствует нелинейное звено, которое имеет вид идеальной релейной характеристики с наличием некоторого интервала нечувствительности. Анализ синтезированной непрерывной характеристики объекта делает возможным восстановить, распознать на основе экспертных оценок теории нечётких множеств тип имеющейся статической нелинейности путем построения функции принадлежности с требуемой точностью [4].

При этом, в нелинейной системе появляются режимы, несвойственные линейным аналогам, как например, автоколебания – устойчивые колебания параметров некоторой амплитуды и частоты, которые значительно ухудшают качество переходного процесса, не дают ему окончательно затухнуть. Для расчета такого рода колебаний распространен метод гармонической линеаризации, который в данном случае идентифицирует амплитуду и частоту 1-ой гармоники. При этом алгоритм моделирования нелинейной замкнутой системы предусматривает последовательное выполнение следующих этапов [2, 5, 7]:

1. Преобразование структурной схемы системы
2. Распознавание наличия в системе автоколебаний
3. Оценка неизвестных параметров автоколебаний
4. Введение в систему коррекции и устранение автоколебаний

При исследовании нелинейной системы наиболее удобна и точна гармоническая линеаризация нелинейных элементов, смысл которой заключается в том, что, ограничиваясь рассмотрением 1-ой гармоники на выходе нелинейного элемента при синусоидальных колебаниях входной переменной, заданную нелинейную характеристику можно заменить приближенной линейной зависимостью, определяемой типом нелинейного звена [1]. При этом элемент с однозначной нелинейной характеристикой можно заменить идеальным линейным элементом, описываемым уравнением

$$y = q(A)x,$$

а с неоднозначной нелинейной характеристикой

$$y = q(A)x + \frac{q'(A)}{\omega} \cdot \frac{dx}{dt}$$

где $q(A)$ и $q'(A)$ - гармонические коэффициенты усиления нелинейного звена, зависящие от величины амплитуды входного сигнала и определяющиеся по специальным таблицам в соответствии с типом нелинейной характеристики. Незатухающие колебания в системах автоматического регулирования возникают при отсутствии внешних периодических воздействий только за счет внутренних свойств системы. Их частота полностью обусловлена свойствами и особенностями функционирования системы и варьируется при изменениях её параметров [3].

Процесс автоколебаний в ряде случаев выступает опорным рабочим режимом нелинейных систем. К такому классу зачастую относят системы, включающие в схему обратной связи релейные элементы, характеризующиеся простотой аппаратной реализации. В числе важнейших к ним считают двух- и трехпозиционные датчики (реле температуры, давления, уровня) различных модификаций, которые весьма распространены в процессе автоматического регулирования [4, 6].

Автором проиллюстрированы перспективы распознавания вида нелинейной статической характеристики диагностируемого объекта на основе анализа массива эмпирических сигналов его функционирования. Моделирование линейной части объекта опирается на аппарат и аппроксимационные свойства непрерывных дробей. Рассмотрены фрагменты влияния изменчивости интервала отсчётов вход-выходных переменных объекта диагноза на его непрерывную и дискретную передаточные функции. Приведены тестовые исследования, иллюстрирующие эффективность предложенного алгоритма структурно-параметрической идентификации с разнообразной конфигурацией нулей и полюсов передаточных функций.

Реализация вопросов структурно-параметрической идентификации линейных систем 1-го и 2-го порядков апериодической и колебательной природы, с наличием транспортного и переменного запаздывания, астатизма и неминимально-фазовости успешно продемонстрирована с помощью модифицированного метода В. Висковатова. Созданы сценарии в среде Matlab и модели в пакете визуального моделирования динамических систем Simulink, с помощью которых проведен анализ влияния различных видов нелинейности на типовые входные воздействия: ступенчатое, параболическое и импульсное, исследованы процессы в замкнутых нелинейных системах со статическими характеристиками различной конфигурации.

Список литературы:

1. Советов Б.Я. Моделирование систем [Текст]: учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С. А. Яковлев. - 7-е изд. - Москва: Юрайт, 2014. - 343 с.
2. Инденко О.Н. Моделирование нелинейной замкнутой системы с типовыми статическими характеристиками. Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине / Сборник научных трудов II Международной конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2015. С. 41-42.
3. Карташов В.Я., Инденко О.Н. Способ идентификации нелинейного объекта. Патент РФ №2233480, 7 G 06 N 1/00.
4. Лазарева Т. Я., Мартемьянов Ю. Ф. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тамбов: Издательство ТГТУ, 2004. - 352с.
5. Логов, А.Б.. Анализ состояния уникальных объектов: учеб.пособие / А. Б. Логов, Р. Ю. Замираев, А. Б. Логов. Кемеровский гос. ун-т. - Кемерово: [б. и.], 2011. - 193 с.
6. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. А. Первозванский. - Москва : Лань, 2010. - 624 с.
7. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления / Е.П. Попов. М.: Наука, 1988. - 256 с.
8. List of references: Sovetov B. Y. system Modeling [Text]: textbook for academic bachelor / B.Y. Sovetov, S. A. Yakovlev. - 7-e Izd. - Moscow: Yurayt, 2014. - 343 p.
9. Indenko O. N. Modeling of a nonlinear closed-loop system with typical static characteristics. Information technologies in science, management, social sphere and medicine / Proceedings of the II International conference. National research Tomsk Polytechnic University. 2015. P. 41-42.
10. Kartashov V. Ya., Indenko O. N. Method of identification of nonlinear object. RF patent No. 2233480, 7 G 06 N 1/00.
11. Lazareva T. Ya., Martemyanov Yu. F. Fundamentals of the theory of automatic control: Textbook. 2-e Izd.]. Tambov: Publishing house TGTU, 2004. - 352s.

12. Logov, A. B.. Analysis of the state of unique objects: studies.manual / Logs A. B., Zamaraev R. Y., A. B. Logov. Kemerovo state University - Kemerovo: [b. I.], 2011. - 193 p.
13. Course of the theory of automatic control [Electronic resource]: textbook / A. A. Pervozvansky. - Moscow : LAN, 2010. - 624 p.
14. Popov E. P. Theory of nonlinear automatic control systems / E. P. Popov. M.: Science, 1988. - 256 p.

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ГРАДИРНЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И.Н. Мадышев¹, к.т.н., ст. науч. сотр., А.В. Дмитриев², д.т.н., зав. каф., А.И. Хафизова², студ.

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет

420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, тел. (843) 231-42-16

² Казанский государственный энергетический университет

420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, тел. (843) 519-42-58

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Аннотация: Разработана и описана технологическая схема работы градирни с трехпоточной системой охлаждения оборотной воды. Представлен новый блок оросителя градирни, состоящий из наклонно-гофрированных элементов и характеризующийся самораспределением жидкости по сечению аппарата, высокой пропускной способностью и сепарационной эффективностью. Разработанная система охлаждения промышленной воды позволяет сократить значительное количество химических реагентов, обеспечивая при этом высокую эффективность процессов теплообмена.

Abstract: The technological scheme of operation of the cooling tower with three-flow cooling system of circulating water is developed and described. A new cooling tower sprinkler unit consisting of inclined-corrugated elements and characterized by self-distribution of the liquid over the cross section of the apparatus, high throughput and separation efficiency is presented. The developed cooling system of industrial water allows to reduce a significant amount of chemical reagents, while providing high efficiency of heat and mass transfer processes.

Ключевые слова: охлаждение оборотной воды, бактериальное загрязнение, блок оросителя градирни, теплообмен.

Keyword: cooling of circulating water, bacterial contamination, cooling tower sprinkler unit, heat and mass transfer.

В системах оборотного водоснабжения при охлаждении циркуляционной воды в градирнях возникает проблема ее загрязнения из внешней среды пылью, спорами растений, микроорганизмами, содержащимися в воздухе, а также ржавчиной, взвешенными частицами, органического и неорганического происхождения, образующихся в самих теплообменных системах. За счет интенсивно развивающихся в водной среде при повышенных температурах микроорганизмов, на поверхностях внутренних теплообменников происходит процесс формирования биопленок или бактериальных обрастаний [1].

Наиболее популярными методами борьбы с загрязнениями являются: химический, механический, гидромеханический и др. Широкое распространение нашло использование химических реагентов, которые подаются в водную среду, вызывая гибель микроорганизмов. Однако данный способ имеет ряд недостатков: один вид реагента уничтожает определенные виды бактерий, для уничтожения же других, необходимо использование другого вида реагента. Еще одним недостатком химического метода является, тот факт, что микроорганизмы со временем адаптируются к среде, содержащий реагент и могут в ней развиваться. Сама закупка реагентов дорогостояща, так как требуется покупать их в достаточно больших количествах, а их подача в жидкость требуют дополнительных материальных и физических вложений. В связи с этим, необходимо разработать конструкции оросителей, которые учитывали бы все перечисленные требования [2].

Указанные проблемы решаются созданием технологических схем и соответствующего аппаратного оформления процессов бесконтактного испарительного охлаждения оборотной воды, схематично представленная на рис. 1. В предлагаемой градирне организуется трехпоточная система движения воды и охлаждающего воздуха. Основными элементами градирни являются: блок оросителя 2, где происходит водораспределение и ее охлаждение; водосборный бассейн 3, вентилятор 1, который обеспечивает движение атмосферного воздуха; водяной насос 4.

Работа в бесконтактной испарительной градирне осуществляется следующим образом: горячая вода от оборудования, поступая в объем аппарата разбивается на два потока таким образом, что основной

поток (а) оборотной воды попадает в трубчатый радиатор, не контактируя с атмосферным воздухом. Второй поток воды (b) взаимодействует с потоком воздуха и охлаждается путем частичного испарения. Этот поток жидкости выступает хладагентом для основного потока, отводя его тепло через стенку труб. В связи с тем, что основная часть воды не контактирует с воздухом, различные примеси не поглощаются из него, следовательно, развитие микроорганизмов в среде становится не возможным. Поток воды (b) состоит из 5-6% горячей воды, поступающей от оборудования и воды, находящемся в водосборном бассейне, которая направляется обратно в точку ввода орошаемого потока с помощью водяного насоса. За счет испарения жидкости, в бассейне поддерживается один уровень воды.

Ороситель состоит из располагающихся в несколько рядов блоков насадок (рис. 2). Каждый блок насадки имеет одну точку ввода воды. Конструкция блока насадки представляет собой вертикальные стенки с четырех сторон, соединенные между собой, область в сечении которой образует квадрат. Внутри этого пространства располагаются пластины из тонкого металла 1 таким образом, чтобы их профиль представлял собой зигзагообразный элемент. Каждая пластина относительно другой располагается под углом 90° . Пластины представляют собой ленточно-поточные контактные элементы с горизонтальными гофрами округлого профиля. Наличие гофр на поверхности теплообмена создает значительную турбулизацию движущейся жидкости при сравнительно малой скорости потока [3]. На верхней части пластины располагаются трубы 2 в один ряд, направленные поперек гофр. Поток жидкости движется в углублениях пластин и направлен сверху вниз по зигзагообразной траектории. Часть жидкости проваливается вниз, вдоль поверхности стенки блока насадки, другая часть попадает на ниже расположенную пластину. В верхней части гофрированных элементов выполнены отверстия для прохода атмосферного воздуха. Воздух проникает в отверстия пластины, выталкивая в разные стороны капли воды, тем самым распыляя жидкость по всему объему насадки и по внешней поверхности труб. Движение потока воздуха носит зигзагообразный характер (на рис. 2 обозначен штриховой линией): проходя через отверстие, огибает трубу и движется вверх, турбулизируясь на поверхности металлической пластины.

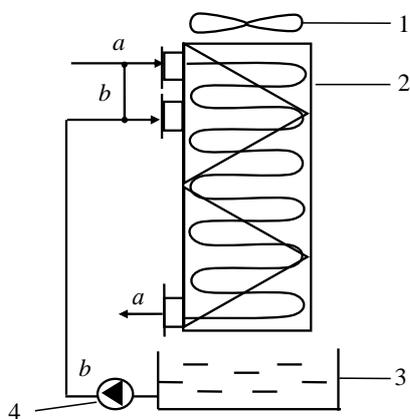


Рис. 1. Принципиальная схема градирни с самораспределением жидкости в объеме оросителя: 1 – вентилятор; 2 – блок оросителя; 3 – водосборный бассейн; 4 – водяной насос; a – основной поток горячей воды; b – орошаемый поток воды

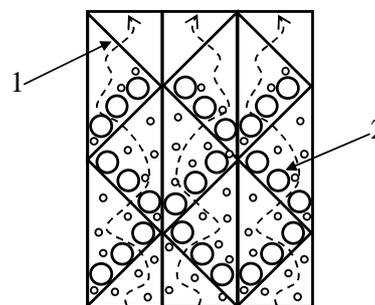


Рис. 2. Схема расположения ряда насадок: 1 – гофрированная пластина; 2 – труба

В предлагаемом блоке насадки выделяется несколько зон взаимодействия газожидкостных потоков: пленочное течение жидкости по наклонным гофрированным пластинам и горизонтальным трубам на поверхностях пластин; истечения струй через отверстия в пластинах; распад струй с образованием крупных капель и их дробление при последующем взаимодействии с потоком воздуха и пленкой жидкости. Благодаря распылению и соударению капель жидкости о поверхность труб увеличиваются коэффициенты теплоотдачи с поверхности труб за счет испарения орошающей воды. Исследования различных авторов [4] показывают, что прирост коэффициентов теплоотдачи составляет до 30 раз при образовании пленки жидкости около нагретой поверхности и разбрызгивании капель воды по этой пленке.

Благодаря такому расположению пластин, в объеме насадки происходит самораспределение жидкости, а количество форсунок можно заметно сократить. Так же преимуществом данной конструкции является то, что каждая пластина, располагающаяся на ступень выше предыдущей, выступает в роли каплеуловителей, позволяя отказаться от дополнительной установки сепарационных устройств.

Таким образом, научно обоснованное управление структурой потоков воды и воздуха в предлагаемых бесконтактных испарительных градирнях позволит обеспечить интенсификацию процессов тепломассопереноса, существенно снизить потери воды из-за капельного уноса, и, тем самым, улучшить экологическую обстановку вблизи промышленных предприятий. Кроме того, применение разработанной трехпоточной схемы охлаждения оборотной воды позволит значительно сократить объемы используемых химических реагентов для сдерживания развития бактериальных отложений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-417.2019.8.

Список литературы:

1. Chichirova, N. D. Methods to reduce bacterial contamination of recycling cooling systems of a CHPP / N. D. Chichirova, A. A. Chichirov, S. M. Vlasov, A. Yu. Vlasova // Thermal Engineering. – 2015. – Vol. 62 (7). – P. 520-525.
2. Al-Bloushi, M. Performance assessment of oxidants as a biocide for biofouling control in industrial seawater cooling towers / M. Al-Bloushi, J. Saththasivam, S. Al-Sayeghc, S. Jeong, K. C. Ng, G. L. Amy, T. Leiknes // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2018. – Vol. 59. – P. 127-133.
3. Dmitrieva, O. S. Determination of the Heat and Mass Transfer Efficiency at the Contact Stage of a Jet-Film Facility / O. S. Dmitrieva, I. N. Madyshev, A. V. Dmitriev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2017. – Vol. 90 (3). – P. 651-656.
4. Лесухин, М. С. Экспериментальное изучение тепло и массообмена при конденсации водяного пара из паровоздушной смеси в аппарате с вертикальными контактными решетками / М. С. Лесухин, Д. А. Крючков, Л. Г. Григорян // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2015. – № 3. – С. 180-187.

СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ МАГНИЯ

*Н.А. Сапрыкина, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин, к.т.н., доц., Е.А. Ибрагимов, к.т.н., ст. препод.
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
652055, Кемеровская область, г.Юрга, Ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7-77-61
e-mail: saprikina@tpu.ru*

Аннотация: материалы на основе магния применяются преимущественно при разработке облегченных конструкций за счет его низкой плотности в автомобильной, аэрокосмической промышленности и биомедицине. В данной статье представлен обзор по внедрению магния в технологии SLM и описаны поисковые эксперименты по получению образцов из порошка магния МПФ-4 (ГОСТ 6001-79) в лаборатории аддитивных технологий отделения промышленных технологий Юргинского технологического института.

Abstract: magnesium-based materials are mainly used in the development of lightweight structures due to its low density in the automotive, aerospace and Biomedicine industries. This article provides an overview of the implementation of magnesium in SLM technology and describes the search experiments to obtain samples from magnesium powder MPF-4 (GOST 6001-79) in the laboratory of additive technologies of the Department of industrial technologies of the Yurga technological Institute.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление (SLM); магний; аддитивное производство; микроструктура; механические свойства.

Keywords: selective laser melting (SLM); magnesium; additive manufacturing; microstructure; mechanical properties.

Магний (Mg) является самым распространенным элементом земной коры. Материалы на основе магния являются самыми легкими конструкционными материалами, с плотностью всего 1,74 г/см³, это ~33%, ~61% и ~77% ниже, чем у алюминия, титана и железа, соответственно [1]. Материалы на основе магния также обладают хорошими литейными свойствами, отличной обрабатываемостью, высокими демпфирующими свойствами, высокой тепло- и электропроводностью, устойчивостью

к электромагнитному излучению [2]. Однако области применения магния ограничено из-за низкой коррозионной стойкости и относительно плохими механическими свойствами, такими, как низкий модуль упругости, низкая прочность. Но эти недостатки магния превратились в его достоинства при использовании магния в качестве биоматериала. Сочетание превосходной биосовместимости, биоразлагаемости, низкого модуля упругости, близкого к модулю упругости человеческой кости делают магний одним из самых востребованных материалов в ортопедии для изготовления имплантатов и фиксирующих устройств. Материалы на основе магния имеют низкий модуль Юнга (41-45 ГПа), по сравнению с другими биосовместимыми металлическими материалами, такими как титан и его сплавы (55-110 ГПа), нержавеющая сталь 316L (210 ГПа), кобальтохромовые сплавы (240 ГПа) [3, 4]. Хотя магний имеет много преимуществ, его использование все еще ограничено в клинических применениях. Поэтому исследователи разрабатывают все новые сплавы, со специальными свойствами, на основе магния для в биомедицинского применения. Изделия на основе магния обычно изготавливаются литьём или порошковой металлургией. Однако эти методы не позволяют изготавливать изделия сложных геометрических форм с внутренней конфигурацией и уникальной микроструктурой. [5].

В последние годы для изготовления индивидуальных изделий и персонализированных имплантатов с улучшенными механическими и физическими свойствами применяют методы аддитивных технологий. Среди аддитивных технологий, для получения изделий из металлических порошковых материалов с высокой плотностью, огромный потенциал имеет метод селективного лазерного плавления (selective laser melting – SLM). Последовательность процесса SLM включают в себя: проектирование 3D-модели изделия; разбиения модели на слои, толщиной (20-100 мкм), с помощью специального программного обеспечения; подачу защитного газа (аргона или азота) в камеру для предотвращения окисления; подачу тонкого слоя металлического порошка с помощью каретки или разравнивающих роликов; сканирование (плавление) слоя порошка по заданной траектории на основе 3D модели; опускание платформы на величину, равную толщине следующего слоя. Последние три этапа повторяются до полного построения изделия.

Из-за интенсивного теплового воздействия лазера, частицы порошка быстро нагреваются, плавятся и образуется бассейн расплава в течение нескольких миллисекунд (обычно от 0,5 до 25 мс). Под действием поверхностного натяжения расплава образуются коагулированные частицы [6]. Быстрое воздействие лазера на порошковый материал приводит к образованию переходного температурного поля с эффектом быстрой закалки при очень высоких скоростях охлаждения до 10^6 °C/c [7]. Быстрое затвердевание может вызвать развитие неравновесных металлургических явлений, таких как микроструктурные упрочнения, закалки и формирования метастабильных фаз, которые существенно влияют на улучшение механических свойств и коррозионную стойкость [8]. Также SLM имеет возможность для изготовления изделий сложных геометрических форм с градиентной структурой [9].

При использовании в SLM металлических порошковых материалов требуется тщательный подбор технологических параметров обработки для устранения окисления, коагуляции, низкой плотности, нестабильности треков, образования трещин и расслоения изделия, контролируется до 170 параметров [10]. Переменные процесса SLM можно разделить на две основные группы, а именно, параметры режима и параметры исходного материала. Среди этих параметров первостепенное значение имеют взаимосвязанные факторы контроля атмосферы (т.е. параметры, связанные с процессом) и склонность к окислению сырья (то есть параметры, связанные с сырьем), когда речь идет о минимизации окисления.

Было установлено, что среди параметров SLM: мощность лазера (P) и скорость лазерного сканирования (V) и толщина слоя (S) оказывают наибольшее влияние на микроструктуру и механические свойства сплавленных лазером деталей. Соотношение между параметрами можно объединить в термин, называемый линейной плотностью энергии. Линейная плотность энергии определяет количество мощности лазера, воздействующего на слой порошка, на единицу площади и скорости сканирования [11]:

$$E = \frac{P}{V \cdot S}, \text{ Дж} / \text{мм}^2.$$

Многие исследователи показали [12], что улучшение механических свойств поверхности и получение новых микроструктур в процессе лазерного воздействия и быстрого затвердевания может быть достигнуто путем изменения параметров процесса плавления. Zheng [13] написал, что осажденный лазером материал испытывает эффект быстрой закалки в последствии высокой скорости охлаж-

дения. Было обнаружено, что уменьшение размеров зерна приводит к увеличению твердости поверхности. В [14] указано, что плавление магния происходит между значениями плотности энергии $1,27 \times 10^9$ Дж / м² и $7,84 \times 10^9$ Дж / м². Значения плотности энергии ниже $1,27 \times 10^9$ Дж / м² недостаточно для расплавления порошка [14]. Возможно, это связано с тем, что температура плавления магния (650°C) не была достигнута. Образцы, полученные из расплавленного лазером магния, не имеют пор или трещин. Высокие скорости затвердевания препятствуют распределению оксидных элементов между зернами α -Mg [15].

Как и ожидалось, изменение различных параметров SLM приводят к различным скоростям затвердевания расплавленной ванны и термическим циклам, что влияло на микроструктуру расплавленной зоны. Изображения, полученные сканирующей электронной микроскопией, подтверждают, что все расплавленные зоны состоят только из равноосных α -Mg с высокой плотностью межзеренных границ. Средние размеры зерен составляют около 2,30 мкм, 2,82 мкм, 3,65 мкм, 4,10 мкм и 4,87 мкм соответственно. Очевидно, что средний размер зерна α -Mg увеличивается при более высоких значениях плотности энергии лазера. Следовательно, в зоне плавления образуется более крупное зерно при более низкой скорости охлаждения. Эту тенденцию можно объяснить взаимосвязью между размером зерна и плотностью энергии лазерного излучения в расплавленной зоне.

Анализ литературы показывает, что в последнее время растет количество исследований по получению материалов на основе магния для изготовления изделий сложной геометрической формы в автомобильной, аэрокосмической промышленности и индивидуальных имплантатов с уникальными функциональными свойствами. Изменение микроструктуры в зоне плавления поверхности магниевых порошков в значительной степени контролируется плотностью энергии. Однако, по сравнению с железом, титаном, никелем и алюминиевыми сплавами, исследования по внедрению магния в SLM все еще находятся в начальном состоянии и необходимо провести значительный объем исследований, прежде чем магний будут широко применять в промышленности. Также необходимо отметить сложность повторяемости экспериментов на разных установках, с разным порошковым материалом.

В лаборатории «Аддитивных технологий» отделения промышленных технологий Юргинского технологического института проводятся исследования по определению оптимальных режимов селективного лазерного плавления порошка магния МПФ-4 (ГОСТ 6001-79) на установке ВАРИСКАФ-100МВС, позволяющей изменять основные технологические параметры плавления, рис. 1.

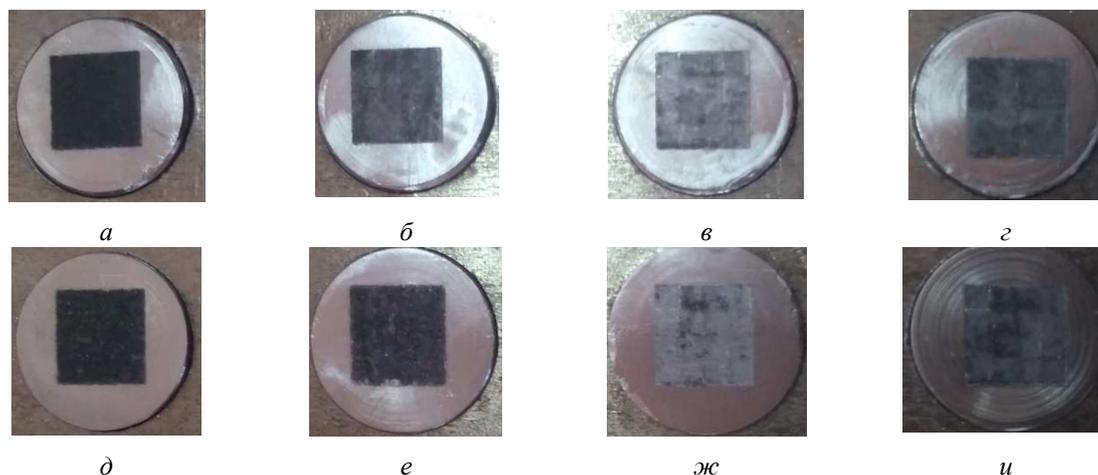


Рис. 1. Фотографии образцов, полученных методом SLM из магния на разных режимах (x2):
а – $P=20$ Вт, $V=10$ мм/с, $E=40$ Дж/мм²; б – $P=30$ Вт, $V=20$ мм/с, $E=30$ Дж/мм²; в – $P=50$ Вт, $V=30$ мм/с, $E=33,3$ Дж/мм²; г – $P=60$ Вт, $V=40$ мм/с, $E=30$ Дж/мм²; д – $P=20$ Вт, $V=20$ мм/с, $E=20$ Дж/мм²; е – $P=30$ Вт, $V=30$ мм/с, $E=20$ Дж/мм²; ж – $P=50$ Вт, $V=40$ мм/с, $E=25$ Дж/мм²; з – $P=60$ Вт, $V=50$ мм/с, $E=24$ Дж/мм²

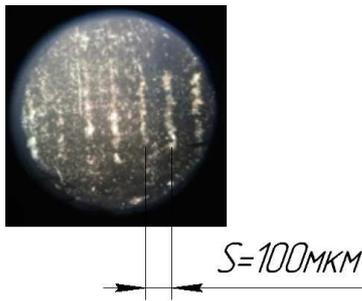


Рис. 2. Оптическое изображение поверхности из порошка магния,
 $P=50 \text{ Вт}$, $V=30 \text{ мм/с}$, $E=33,3 \text{ Дж/мм}^2$, $s=100 \text{ мкм}$

Был проведен двухфакторный эксперимент по нахождению требуемой мощности лазера (P изменялась от 20 до 60 Вт) и скорости перемещения лазера (изменялась от 10 до 50 мм/с), диаметр частиц порошка 50 мкм, частота следования импульсов лазера составляла 300 Гц, толщина слоя порошка 50 мкм, шаг 100 мкм, материал подложки-титан. Процесс проводился в защитной среде аргона (Марка 5.0) В результате были получены восемь образцов 10x10 мм на разных технологических режимах SLM. На рис. 2 показано оптическое изображение поверхности, полученной из магниевых порошков. На рисунке отчетливо видны треки расплавленного порошка с шагом 100 мкм.

Полученные результаты показывают, что при одинаковой плотности энергии расплавленная поверхность имеет разное качество. Равномерно расплавленный слой, с включениями коагулированных частиц, был получен при небольшой мощности P до 30 Вт и скорости перемещения лазера V до 30 мм/с (рис. 1, а, б, д, е). При увеличении мощности до 50 Вт наблюдается равномерное формирование треков на расстоянии, равном шагу сканирования. Поверхность образцов окислена, что указывает на необходимость увеличения концентрации аргона и предварительной подготовки порошкового материала. Изменяя режимы лазерного плавления можно управлять структурой поверхности.

Список литературы:

1. Mordike, B.; Ebert, T. Magnesium: Properties–Applications–Potential. Mater. Sci. Eng. A 2001, 302, 37–45.
2. Froes, F.; Eliezer, D.; Aghion, E. The science, technology, and applications of magnesium. JOM 1998, 50, 30–34.
3. Sietsema, W. Animal models of cortical porosity. Bone 1995, 17, S297–S305.
4. Ковалевская Ж. Г. , Шаркеев Ю. П. , Корчагин М. А. , Химич М. А. , Ибрагимов Е. А. , Сапрыкин А. А., Батаев В. А. Исследование строения порошкового сплава Ti-40Nb, полученного механической активацией // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). - 2016 - Т. 4 (73) . - С. 34-42.
5. Tandon, R.; Madan, D. Emerging applications for magnesium alloy powders. Powder Metall. 2014, 57, 236–241.
6. Сапрыкина Н. А. , Сапрыкин А. А. , Шигаев Д. А. Исследование факторов, влияющих на качество поверхности, полученной лазерным спеканием // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). - 2011 - №. 4(53) - С. 78-82.
7. Li, Y.; Gu, D. Parametric analysis of thermal behavior during selective laser melting additive manufacturing of aluminum alloy powder. Mater. Des. 2014, 63, 856–867.
8. Zhang, H.; Zhang, D.; Ma, C.; Guo, S. Improving mechanical properties and corrosion resistance of Mg-6Zn-Mn magnesium alloy by rapid solidification. Mater. Lett. 2013, 92, 45–48.
9. Sing, S.L.; An, J.; Yeong, W.Y.; Wiria, F.E. Laser and electron-beam powder-bed additive manufacturing of metallic implants: A review on processes, materials and designs. J. Orthop. Res. 2016, 34, 369–385.
10. Olakanmi, E.; Cochrane, R.; Dalgarno, K. A review on selective laser sintering/melting (SLS/SLM) of aluminium alloy powders: Processing, microstructure, and properties. Prog. Mater. Sci. 2015, 74, 401–477.
11. Parande, G.; Manakari, V.; Gupta, M. Selective Laser Melting of Magnesium and Magnesium Alloy Powders: A Review. Metals 2017, 7, 2; doi:10.3390/met7010002.
12. M.M. Savalani, L. Hao, R.A. Harris, Evaluation of CO2 and Nd: YAG lasers for the selective laser sintering of HAPEX (R), Proc. Inst. Mech. Eng. Part B: J. Eng. Manuf. 220 (2006) 171–182.
13. B. Zheng, Y. Zhou, J.E. Smugeresky, J.M. Schoenung, E.J. Lavernia, Thermal behavior and microstructure evolution during laser deposition with laser-engineered net shaping: part II. Experimental investigation and discussion, Metall. Mater. Trans. A (Phys. Metall. Mater. Sci.) 39 (2008) 2237–2245.
14. M.X. Zhang, H. Huang, K. Spencer, Y.N. Shi, Nanomechanics of Mg–Al intermetallic compounds, Surf. Coat. Technol. 204 (2010) 2118–2122.
15. G. Abbas, Z. Liu, P. Skeldon, Corrosion behaviour of laser-melted magnesium alloys, Appl. Surf. Sci. 247 (2005) 347–353.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ФАЗОВЫХ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЙ ТРЕХ- И ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ КЕРАМИКИ SIALON

В.А. Власов¹, д.ф.-м.н., А.А. Клопотов^{1,2}, д.ф.-м.н., К.А. Безухов¹, аспирант

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634055, Томск, пр-т Ленина, 36

E-mail: klopotovaa@tsuab.ru

Аннотация: В данной работе на основе анализа строения трех и четырехкомпонентных диаграмм состояний соединений в системе $\text{Si}_3\text{N}_4\text{--SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--AlN}$ установлено, что на образование соединений с кристаллической структурой в разных сингониях на основе сиалина очень важное влияние оказывает наличие и концентрация кислорода. Перевод метастабильного соединения $\text{Al}_x\text{Si}_{3-x}\text{N}_4$ в стабильное способствует кислород.

Abstract: In this paper, based on an analysis of the structure of three and four component state diagrams of compounds in the $\text{Si}_3\text{N}_4\text{--SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--AlN}$ system, it was found that the presence and concentration of oxygen has a significant effect on the formation of compounds with a crystalline structure in different syngony based on sialine. The conversion of the metastable $\text{Al}_x\text{Si}_3\text{--xN}_4$ compound to stable oxygen contributes.

Ключевые слова: диаграммы состояния, керамика, SIALON, метастабильные соединения

Keyword: state diagram, ceramics, SIALON, metastable compounds

Введение

Сиалон относится к широко используемых в настоящее время конструкционным материалам. На его основе получают изделия с высокотемпературной прочностью и низким коэффициентом теплового расширения и рядом других уникальных физико-химических свойств [1]. Существуют разные подходы и технологические методы для получения SIALONa с заданными свойствами и характеристиками. При этом задача получения SIALONa с заданными свойствами относится к многофакторным. Во-первых, это технологические параметры: условия измельчения, методы консолидации, режимы спекания (температуры и времени выдержки, давление азотной среды), исходной морфологии частиц, гранулометрического состава, чистоты, соотношения компонентов в композиции и химического состава и др. [2]. Во-вторых, факторы, которые определяются особенностями структурно-фазовых состояний материала. Понимание условий образования и условий существования равновесных и метастабильных соединений не возможно изучения особенностей строения диаграмм состояний многокомпонентных систем из элементов, входящих в состав SIALONa.

В данной работе представлены результаты анализа особенностей строения трех и четырехкомпонентных диаграмм состояний соединений в системе $\text{Si}_3\text{N}_4\text{--SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--AlN}$.

Диаграммы состояния

Фазовая диаграмма системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$

Одной из основных диаграмм состояний, которая используется при анализе структурно-фазовых состояний в SIALONe является диаграмма состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$. Диаграмма состояния этой системы относится к диаграммам эвтектического типа. В этой системе в области состава 60 мол.% установлено наличие стабильного соединения у которого химический состав не постоянен (от $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ до Al_4SiO_8). Соединение в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ в области состава 60 мол.% соответствует природному минералу муллит. Результаты поиска в литературе диаграмм состояний системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ собраны на рис. 1. Такое большое количество различных вариантов экспериментальных и теоретически полученных данных отражает ситуацию, что в настоящее время вопрос об окончательном строении диаграммы системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ остается открытым. Можно выделить два основных момента, в которых данные различных авторов не совпадают. Первый момент относится к характеру плавления соединения $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$. По данным работы [3] плавление соединения $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ incongruentное (рис. 1а), либо по данным [4,5] плавление конгруэнтное (рис. 1б,в). Второй момент относится к наличию метастабильной области расслаивания, установленной в работе [6] (рис. 1г).

Отметим также наличие важной особенности в строении диаграммы в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$. На диаграмме состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ имеет место интенсивное понижение кривой ликвидуса в области точки эвтектики. Это особенность приводит к тому, что содержание жидкой фазы в системе будет очень сильно зависеть от соотношения Al_2O_3 и SiO_2 в исходной шихте. Наличие этой особенности широко используется при решении практических задач при создании материалов, в состав которых входят структуры из этой системы.

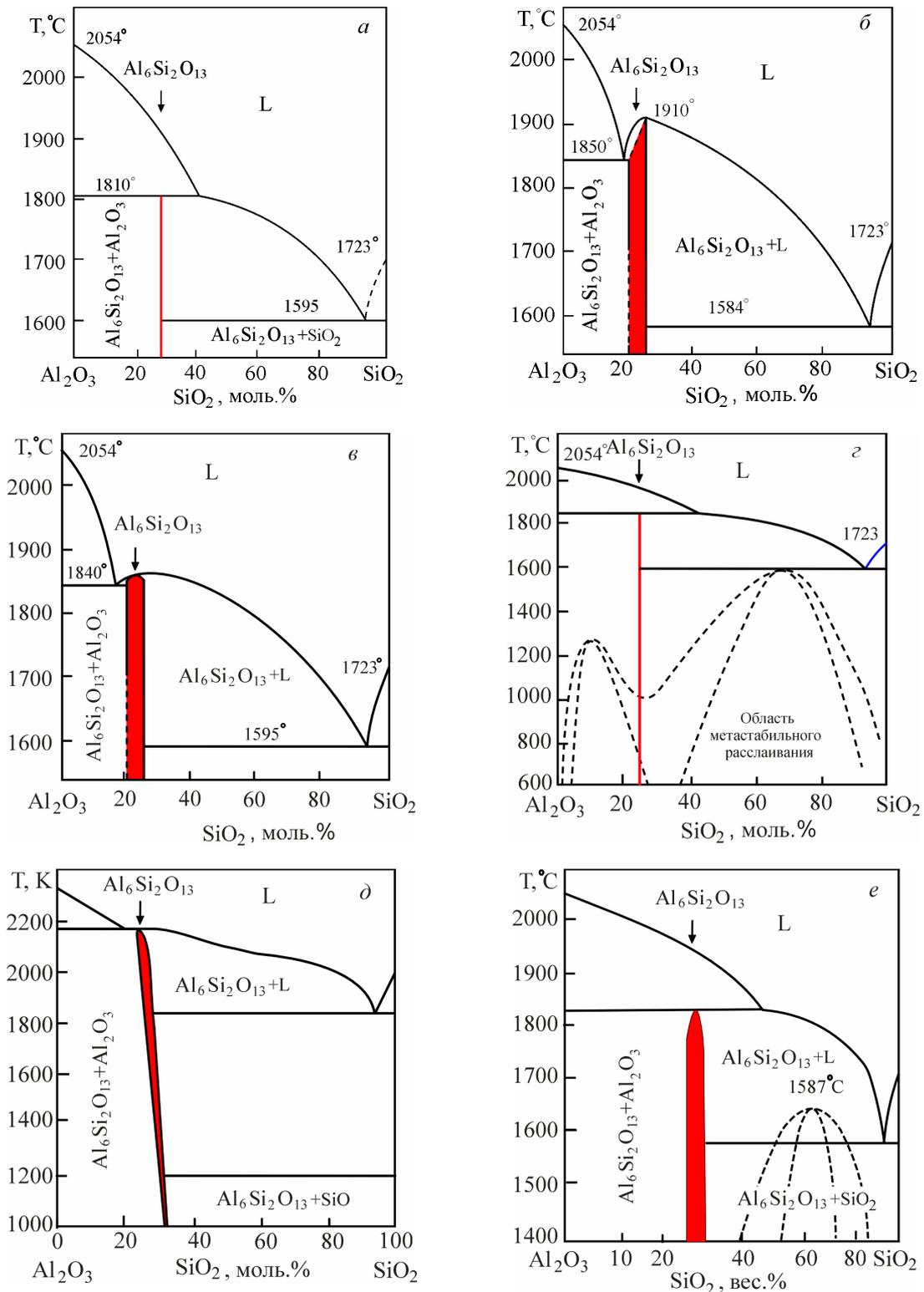


Рис. 1. Фазовые диаграммы псевдо бинарных систем Al_2O_3 - SiO_2 по данным различных авторов а) [3]; б) [4]. в) [5]; г) [6]., д) [7]; е) [8] (соединения $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ при атмосферном давлении соответствует природному минералу муллит)

Фазовая диаграмма системы Al-Si-N

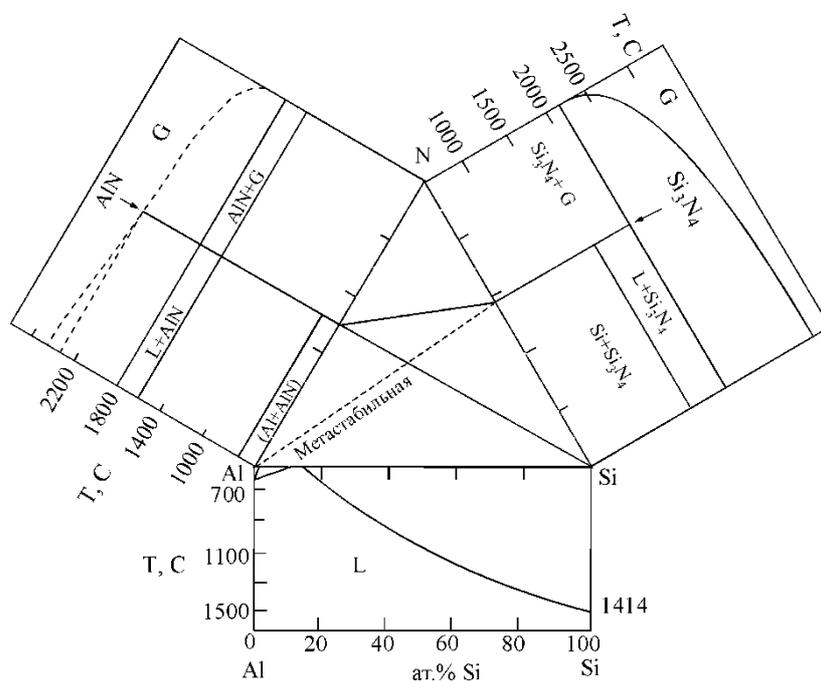


Рис. 2. Бинарные диаграммы состояний систем Al-N, Al-Si, Si-N и изотермическое сечение при 500 °С тройной системы Si-Al-N.[9]

На рис. 2 приведены бинарные диаграммы состояний систем Al-N, Al-Si, Si-N и изотермическое сечение тройной системы Si-Al-N при 500 °С. На изотермическом треугольнике тройной системы Si-Al-N видно, что существует стехиометрическое соединение Al_{1-x}Si_xN с узкой областью гомогенности с гексагональной структурой (пространственная группа *P6₃mc*, символ Пирсона *hP14*, прототип ZnS (вюрцит)). В этом соединении при замещении атомов Al на атомы Si с ростом концентрации атомов Si наблюдается разный характер изменения параметров элементарной ячейки: *a* увеличивается, а параметра *c* уменьшается с ростом концентрации атомов кремния (рис. 3) [11].

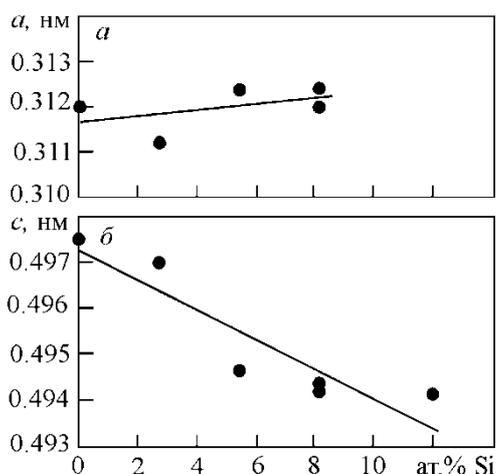


Рис. 3. Зависимость параметров элементарной ячейки в соединении Al_{1-x}Si_xN от концентрации атомов Si: *a* – *a*; *b* – *c* [10]

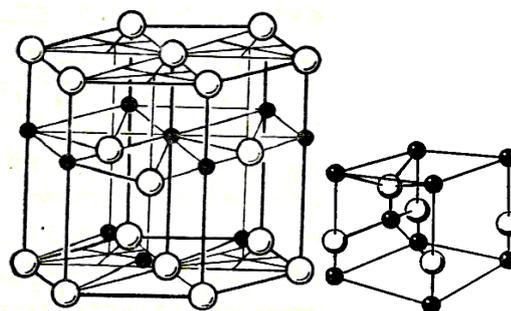


Рис. 4. Решетка типа вюрцита (а) и элементарная ячейка вюрцита (б)

На изотермическом треугольнике системы Si-Al-N приведена линия, соединяющая соединения AlN и Si₃N₄ из бинарных диаграмм состояния Al-N и Si-N соответственно. В работе [11]. полагают, что эта линия на изотермическом треугольнике отражает находящиеся в равновесии соединения AlN и Si₃N₄. В тоже время в ряде работ не установлено существования соединения AlN-Si₃N₄ [12], [13], [14]. В работе автора [14] показано, что возможно образование метастабильных соединений Al_xSi_{3-x}N₄. Наличие этого соединения отражено пунктирной линией Al-Si₃N₄ на изотермическом треугольнике рис. 2.

В [15] установлено, что некоторое количество кислорода приводит к стабилизации этого соединения Al_{5+x}Si_{3-x}N_{9-x}O_x (0 < x < 3) с гексагональной сингонией которое не стабильное, поскольку требуется кислород [16], [17].

2.3. Фазовые диаграмма системы Al-Si-O

На рис. 5 приведено изотермическое сечение тройной системы Si-Al-O при 600 °С. На изотермическом треугольнике тройной системы Si-Al-O видно, что существует единственное соединение Al₆Si₂O₁₃. На сторонах изотермического тройной системы Si-Al-O установлено существование только двух соединений SiO₂ и Al₂O₃.

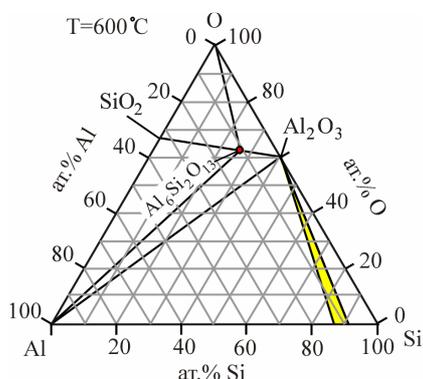


Рис. 5. Изотермическое сечение тройной системы Si-Al-O при 600 °C [18]

Фазовая диаграмма Si₃N₄-SiO₂-Al₂O₃-AlN

Базовой системой для керамических материалов на основе SIALON является четверная система Si₃N₄-SiO₂-Al₂O₃-AlN [19]. [20]. На рис. 6 приведена тетраэдрическая диаграмма системы Al-Si-N-O с выделенным на ней сечением системы Si₃T₄-AlN-SiO₂-Al₂O₃ и изотермическое сечение четверной системе Si₃N₄-SiO₂-Al₂O₃-AlN. Приведенная тетраэдрическая диаграмма системы Al-Si-N-O На этом сечении показаны все основные соединения и их области гомогенности, которые образуются в системе Al-Si-N-O.

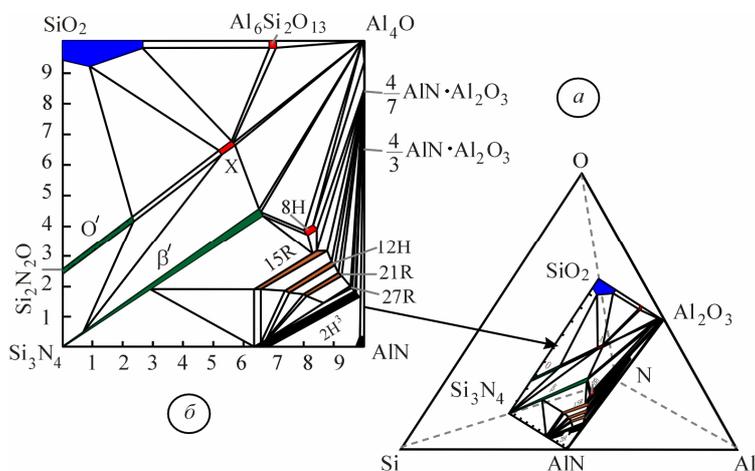


Рис. 6. Тетраэдрическая диаграмма системы Al-Si-N-O с выделенным на ней сечением системы Si₃T₄-AlN-SiO₂-Al₂O₃ (а) и изотермическое сечение диаграммы системы Si₃N₄-AlN-SiO₂-Al₂O₃ при 1760 °C (б) [21]. [22]

Керамические соединения в этой системе существуют в трех основных базовых формах α -, β - и O'-SiAlON. В углу AlN диаграммы Si₃N₄-SiO₂-Al₂O₃-AlN хорошо проявляется политепия, которая свойственна этим соединениям: это 6 политепов SiAlON (8H, 15R, 12H, 21R, 27R, 2H) [23]. Для классификации соединений на основе SiAlON принято использовать общую формулу (Si,Al)_m(O,N)_{m+1} [24]. В этой формуле запись 2mH (m=2n, n=1, 4) и 3mR (m=2n+1, n=3,7,9). Соединение 15R (m=5) имеет структуру с пространственной группой R3m. В [25], для соединения 8H-SiAlON используют общую формулу Si₆-zAl₁₀+2OzN₁₀-z (z=3.7-4.8). Для алюминиевого оксинитрида (AlON) политепы описываются общей формулой Al_nO₃N_{n-2}. Кристаллические структуры 21R (n=7) [26] и 27R (n=9) [27] были определены при помощи рентгеноструктурного анализа. Соединения на основе β -SiAlON описываются формулой Si₆-zAl_zO_zN_{8-z}, (0<z<4.2), которое изоструктурно двухкомпонентному соединению β -Si₃N₄.

Заключение

Был проведен поиск и известных в литературе работ по диаграммам состояний систем Al₂O₃-SiO₂ и установлено, что в настоящее время вопрос об окончательном варианте этой диаграммы состояний пока говорить рано. Анализ диаграмм состояний систем Al-Si-N, Al-Si-O, Al₂O₃-SiO₂ и Si₃N₄-AlN-SiO₂-Al₂O₃ позволил установить, что на образование соединений с кристаллической структурой в разных сингониях (гексагональная, орторомбическая, моноклинная, ромбоэдрическая, триклинная) на основе SiAlONa очень важное влияние оказывает наличие и концентрация кислорода. Так в системе Al-Si-N существует только одно трехкомпонентное соединение Al_{1-x}Si_xN с узкой областью гомогенности, а в системе Al-Si-O только одно стехиометрическое соединение состава Al₆Si₂O₁₃. В четырехкомпонентной систем Si₃N₄-AlN-SiO₂-Al₂O₃ системе существует целый спектр четырехкомпонентных соединений. При этом перевод метастабильного трехкомпонентного соединения Al_xSi_{3-x}N₄ в стабильное способствует четвертый компонент – кислород.

Список литературы:

1. K.J.D. MacKeenzie, R.H. Meinhold, I.W.M. Brown, G.V. White, J.Eur. Ceram. Soc. (1996), V16, P 115-117.
2. Журавлева Н.В., Лукин Е.С. Керамика на основе нитрида кремния // Огнеупоры. - 1993. - № 1. - С. 6-11.
3. Bowen N.L., Greig J.W. The system Al₂O₃-SiO₂ // J. Am. Ceram. Soc. - 1924. - V.7, №4. - P.238-254.
4. Торопов Н.А., Галахов Ф.Я. Твердые растворы в системе Al₂O₃-SiO₂ // Изв. АН СССР, ОХН. - 1958. - №1. С.8-11
5. Aramaki S., Roy R. Revised Phase Diagram for the System Al₂O₃-SiO₂ // J. Am. Ceram. Soc. - 1962. - V.45, №5. - P.229-242.
6. Ban T., Hayashi S., Yasumori A., Okada K. Calculation of metastable immiscibility region in the Al₂O₃-SiO₂ system // J. Mater. Res. - 1996. - V.11, №6. - P.1421-1427.
7. Zhang C., Zhang F., Cao W.S., Chang Y.A. Thermodynamic modeling of the Al-Si-Sr-O quaternary system. Intermetallics (2010) V.18, P.1419-1427.
8. A. I. Aksay and J. A. Pask, J. Am. Ceram. Soc, (1975). V.58, Nos., P.507-512
9. Weitzer F., Remschnig K., Schuster J. C., Rogl P. Phase equilibria and structural chemistry in the ternary systems M-Si-N and M-B-N (M = Al, Cu, Zn, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Au, Tl, Pb, Bi) (1990), V.5, I.10, P. 2152-2159
10. Kasu, M., Taniyasu, Y., Kobayashi, N., 'Formation of Solid Solution of Al_{1-x}Si_xN (0 ≤ x ≤ 12%) Ternary Alloy', Jpn. J. Appl. Phys. 2, (2001), V. 40, P 1048-1050
11. Hillert, M., Jonsson, S., Sundman, B., "Thermodynamic Calculation of the Si-N-O System", Z. Metallkd., (1992), V. 83, P.648-654
12. Land P.L., Wimmer J.M., Barns R.W., Choudhury N.S. Compounds and Properties of the System Si-Al-O-N. J. Am. Ceram. Soc, (1978), V.61, P.56-60
13. Huang Z.K., Greil P., Petzow G. Formation of α -Si₃N₄ Solid Solutions in the System Si₃N₄-AlN-Y₂O₃. J. Am. Ceram. Soc, (1983) V.66, P. 96-C-97
14. Weitzer F., Remschnig K., Schuster J.C., Rogl, P. Phase Equilibria and Structural Chemistry in the Ternary Systems M-Si-N and M-B-N (M = Al, Cu, Zn, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Au, Tl, Pb, Bi). J. Mater. Res., (1990) V.5, P.2152-2159
15. Gauckler L.J., Lukas H.L., Petzow G. Contribution to the Phase Diagram Si₃N₄-AlN-Al₂O₃-SiO₂. J. Am. Ceram. Soc, (1975) V.58, P. 366-367
16. Schneider G.. "Equilibrium Investigations in the Si, Al, Be/C, N System. Thesis, University of Stuttgart, Germany (1978)
17. Schneider G., Gauckler L.J., Petzow G. Phase Equilibria in the System AlN - Si₃N₄ -Be₃N₂. J. Am. Ceram. Soc., (1980) V.63, P.32-35

18. Zhang C., Zhang F., Cao W.S., Chang Y.A. Thermodynamic modeling of the Al–Si–Sr–O quaternary system. *Intermetallics* (2010), V.18 P.1419-1427.
19. Jun Ho Chung, Jeong Ho Ryu. Photoluminescence and LED application of β -SiAlON:Eu²⁺ green phosphor. *Ceramics International* (2012) V.38, P. 4601–4606
20. I. P. Neshpor, A. D. Panasyuk, O. V. Pshenichnaya, V. A. Lavrenko. The structure and properties of $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$ SIALONS hot-pressed from powders with activating oxide additions. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2014, V. 53, P. 7-8,
21. Chen Z.Y., *Chemical Thermodynamics of Refractories*, Metallurgical Industry Press, Beijing, 2005
22. Cao G. Z., Metselaar R. *Chem. Mater* (1991) , V. 3, P. 242–252.
23. E. Parthe, *Crystal Chemistry of Tetrahedral Structures*, Gordon and Breach Science Publishers, New York (1964) V.3, P. 109-111.
24. Jack K.H., Wilson W.J. *Ceramics based on the Si-Al-O-N and related systems*. *Nature Phys. Sci.*, (1972), V.238, P.28-33.
25. K.H. Jack., *J. Mat. Sci.* (1976) V.11, P.1135-1158.
26. T. Asaka, T. Kudo, H. Banno, S. Funahashi, N. Hirosaki, K. Fukuda, *Powder Diffr.* (2013), V.28, P.171-177.
27. T. Asaka, H. Banno, S. Funahashi, N. Hirosaki, K. Fukuda, *J. Solid State Chem.* (2013) , V.204, P.21-26

ФОРМИРОВАНИЕ СВАРОЧНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, СОДЕРЖАЩЕЙ НАНОМАТЕРИАЛЫ

Е.А. Зернин, к.т.н., доцент, А.Г. Филимоненко, А.В. Судариков, студ., Д.Е. Гусаров
 Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
 Томского политехнического университета
 652050, г. Юрга, ул. Ленинградская 26, тел. +7(38451)77758
 E-mail: zernin@tpu.ru

Аннотация: В работе представлена принципиальная схема и принцип работы оригинальной установки для изготовления порошковой сварочной проволоки, содержащей неорганические наноматериалы.

Abstract: The paper presents schematic diagrams and operating principles, which are inorganic nanomaterials.

Ключевые слова: Сварка, порошковая проволока, наноматериалы.

Keyword: Welding, cored wire, nanomaterials.

Нанотехнология - высокотехнологичная отрасль, направленная на изучение и работу с атомами и молекулами [1]. Одно из важнейших направлений нанотехнологии – практическое применение наночастиц (нанопорошков) в новых производственных технологиях и материалах. Так за последнее десятилетие все большее применение находят нанопорошки неорганических материалов в сварочном производстве. Основная задача применения нанопорошков при сварке это управление структурой и свойствами сварных соединений.

Способы введения нанопорошков в зону сварки представлены на рис. 1.

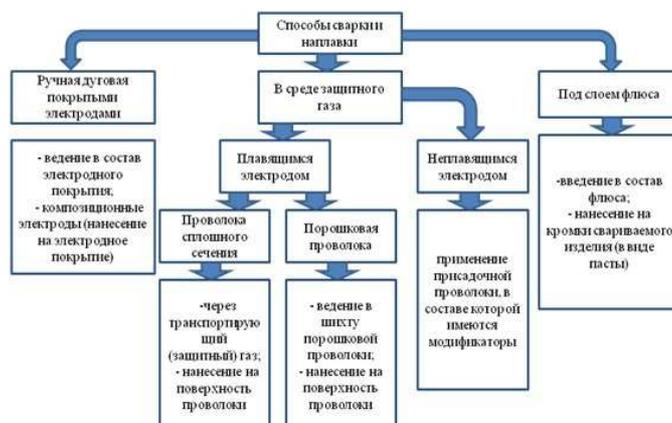


Рис. 1. Способы введения нанопорошка в зону сварки (наплавки) [2]

Как отмечалось в работе Кузнецова М.А. [2], одним из перспективных и технологичных способов доставки наноматериала в сварочную ванну является применение порошковой сварочной проволоки. В этом случае актуальной задачей становится изготовление порошковых сварочных проволок, содержащих неорганические материалы.

На рис. 2 представлена оригинальная установка для изготовления сварочной порошковой проволоки.

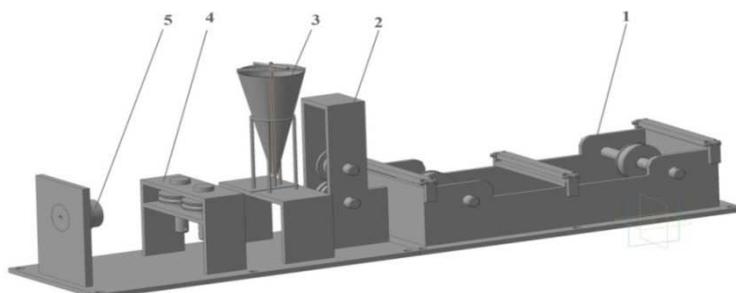


Рис. 2 Обобщенная схема установки для изготовления сварочной проволоки:
1 – корпус; 2 - профилирующая клетка; 3 – дозатор для добавления нанопорошка неорганического материала; 4 - формирующая клетка; 5 – фильера

Формирование порошковой проволоки осуществляется в несколько этапов (рис.3).

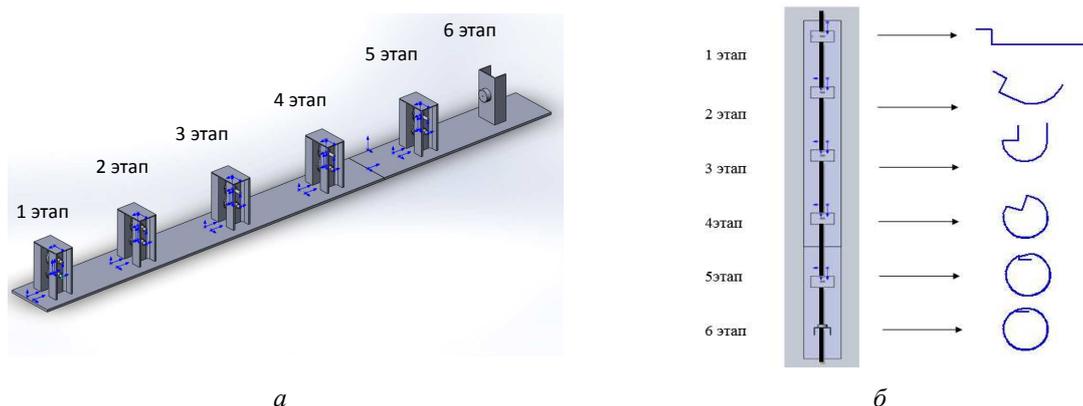


Рис. 3. Формообразование сварочной порошковой проволоки из стальной ленты сплошного сечения:
1 этап – прокатка ленты через ролики и получение ступени, которая будет служить в качестве замка для предотвращения высыпания шихты; 2 этап – постепенное преобразование ленты U - образной формы; 3 этап – получение U - образной формы, засыпание шихты; 4 этап – на данном этапе края ленты сгибаются до соприкосновения; 5 этап – на предпоследнем этапе формируется готовая трубка с защелкнутым замком; 6 этап – протяжка ленты через фильеру для придания проволоке заданного диаметра на всей длине

Разработанная установка позволяет изготавливать экспериментальную сварочную порошковую проволоку различного диаметра. При этом возможно получение проволоки как для сварки в среде защитных газов, так и для процесса сварки (наплавки) в случае, когда необходим дополнительный присадочный материал.

Список литературы:

1. Pal K. Dynamic application of novel electro-optic switchable device modulation by graphene oxide dispersed liquid crystal cell assembling CdS nanowires / K. Pal, M.M. Mohan, S. Thomas// Organic Electronics: physics, materials, applications. – 2016. – Vol. 39. – PP. 25-37.
2. Kuznetsov M. A., Zernin E. A. The current state of application of ultra- and nanostructured powders in technologies in welding technologies (review) // Materials Science Forum. - 2018 - Vol. 927. - p. 20-28.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТСЕВОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УГЛЕЙ

С.А. Теслев, начальник ПТО «ЮФЗ», Е.П. Теслева, к. ф – м. н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 7–77–42

Аннотация: Рассматривается использование вихревой топки «Торнадо» для утилизации отсе-
вов технологических углей при производстве ферросилиция.

Abstract: The use of the “Tornado” vortex furnace for the disposal of process coal screenings during
the production of ferrosilicon is considered.

Ключевые слова: производство ферросилиция, технологические отсевики, вихревая топка.

Keyword: production of ferrosilicon, process screenings, vortex furnace.

Восстановительный процесс производства ферросилиция характеризуется тем, что обязательным
компонентом шихты являются ископаемые (антрацит, каменные, бурые угли, торф) и искусственные (ме-
таллургический кокс, коксовый орешек, специальный кокс, полукокс) восстановители [1-5].

При использовании ископаемых восстановителей, например каменных углей, перед подачей
в шихту они просеиваются до фракции 6 мм, при этом технологические отсевики составляют около 5% от
общей массы углей. Так, например, отсевики технологических углей на ОСП «ЮФЗ» составляют до 400
тонн в месяц, что дает потери до 4,5 тыс. тонн угля в год. В связи с этим возникает проблема утилизации
образующихся отсевиков. Отсевы могут использоваться для производства электродной массы, для произ-
водства кокса, а также в качестве топлива, замещающего дорогие энергетические угли, газ и мазут в ко-
тельных. Последнее является экономически выгодным для предприятия, т.к. доля стоимости топлива
в стоимости отпускаемого тепла составляет 40-60 %. Технологические отсевики являются высококалорий-
ным топливом для сжигания в котельных установках, т.к. они получаются от углей предназначенных для
химических процессов ферросплавной промышленности. Эти угли обладают высокой реакционной спо-
собностью, низкой зольностью и содержат низкое содержание летучих веществ и смол.

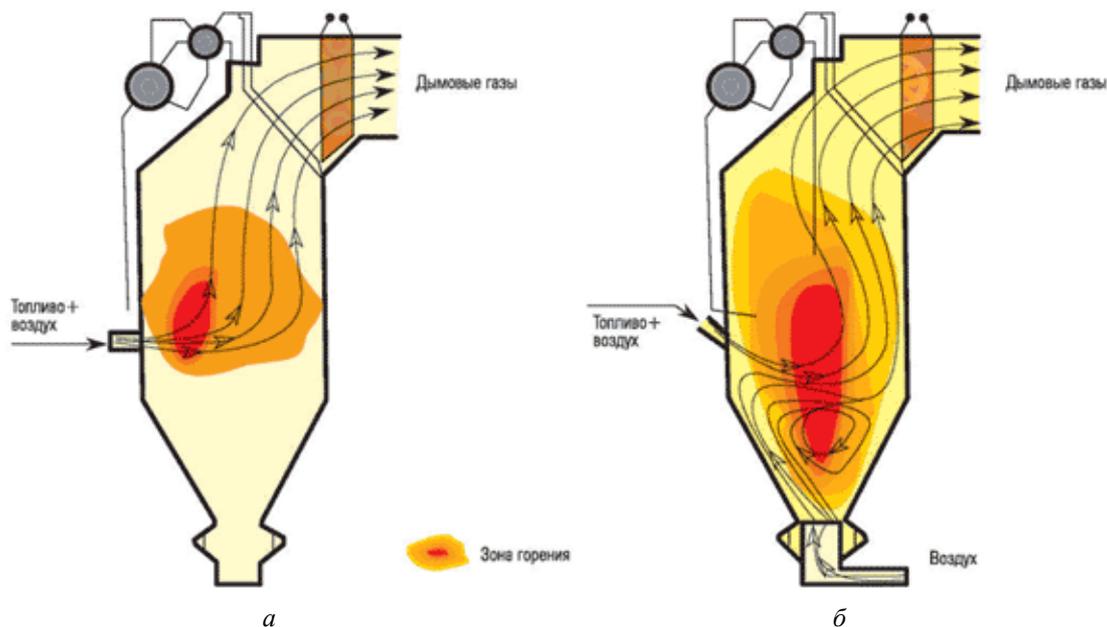


Рис. 1. Схемы сжигания топлива:

- а – традиционная технология сжигания топлива в прямоточном факеле,
б – низкотемпературная вихревая технологией сжигания

На ОСП «ЮФЗ» котельный цех оборудован паровыми котлами с традиционной технологией
сжигания топлива в прямоточном факеле. Использование технологических отсевиков в качестве топли-

ва в чистом виде и смеси с углями не дало положительного результата, т.к. отсеvy мелких фракций либо быстро сгорали, либо большая их часть улетучивалась, либо горение происходило недостаточно интенсивно. Для возможности использования отсеvов технологических углей в качестве основного топлива в котельной ОСП «ЮФЗ» было предложено модернизировать типовой паровой котел КЕ25/14С на сжигание отсеvов углей с использованием вихревой топki «Торнадо» с низкотемпературной вихревой (НТВ) технологией сжигания твердого органического топлива (рис. 1).

Вихревая топка «Торнадо» пригодна для сжигания практически любых видов топлив и горючих отходов, т.к. конструкция топki: геометрия, объём, степень экранирования и др. характеристики рассчитываются по типу топлива. При реконструкции котла монтируется выгрузчик шлака, вихревая топка, часть трубной системы. Затраты на реконструкцию котла обычно окупаются за один отопительный сезон, при этом топка проста в эксплуатации, работает надёжно, с минимумом ремонтов.

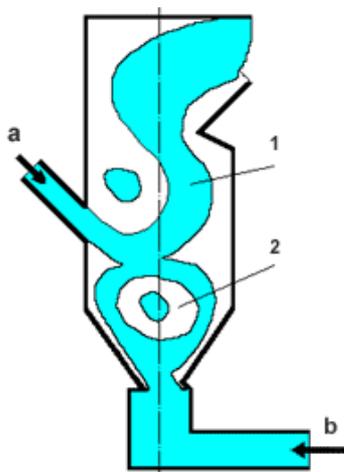


Рис. 2. Схема вихревой топki «Торнадо»

а – топливно-воздушная смесь,
б – воздух нижнего дутья,
1 – прямоточный факел,
2 – вихревая часть факела

Топка «Торнадо» (рис. 2) работает в режиме низкотемпературного факельно-слоевого сжигания топлива. Измельченный уголь подается в объём вихревой топki с помощью существующих питателей топлива. Большая часть мелкой фракции угля сгорает во взвешенном состоянии внутри вращающегося вихревого факела. При этом мелкие частицы удерживаются в топке за счет циклонного эффекта, а более крупные оседают на колосник где и догорают. Вихревой поток горящего топлива и дутья предотвращает спекание слоя, обеспечивает равномерное перемешивание горящих частиц с окислителем и глубокое выжигание из них горючих веществ. Зола и очаговые остатки удаляются шлаковывгрузчиками в существующую систему золоудаления котельной. Далее продукты сгорания охлаждаются в камере дожигания, в конвективном пучке, воздухоподогревателе и экономайзере, очищаются в золоуловителе от золы и дымососом через дымовую трубу сбрасываются через атмосферу [6].

Вихревая топка имеет следующие достоинства и преимущества:

1. Вихревая топка выделяется в существующем топочном объёме котла без увеличения его габаритов, что существенно упрощает и удешевляет проведение реконструкции.
2. Система подачи дожигающего дутья обеспечивает: низкий выброс оксидов в атмосферу, надёжное удержание частиц в топке и глубокое выгорание горючих и мелких витающих частиц угля до 99,5%.
3. Высокий КПД и экономия топлива за счет низкого химического и механического недожога с уносом.
4. Механизированный водоохлаждаемый дожигательный колосник прост в эксплуатации, надёжен в работе и обеспечивает вовлечение в топочный процесс холодной воронки топki, т.е. всего топочного объёма котла.
5. Использование углей мелких фракций снижает пожаро- и взрывоопасность пылесистемы и системы топливоподачи.
6. Активная вихревая аэродинамика и вовлечение в топочный процесс холодной воронки обеспечивают: появление заметной доли конвективной составляющей теплообмена топочных экранов; удержание частиц в топке и заполнение вихря излучающим потоком частиц и соответственно сглаживание неравномерностей тепловыделения и подавление излучающего ядра факела.
7. Повышение степени черноты топki и конвективного теплообмена снижают максимумы температуры в топке, что создает низкотемпературный топочный процесс. Это приводит к пониженному и равномерному тепловосприятию экранов, что увеличивает надёжность их работы [7-8].

На ОСП «ЮФЗ» в действующем котельном цехе был модернизирован паровой котел с использованием топki «Торнадо». Его эксплуатация в течение нескольких лет подтвердила эффективность работы данной технологии на промышленных отсевах. Это позволило утилизировать в полном объёме отсеvy мелких фракций технологических углей, отказаться от закупки сырья для котельного цеха,

повысить эффективность сжигания топлива, сократить затраты и продолжительность плановых ремонтных работ, снизить уровень вредных выбросов в атмосферу.

Список литературы

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушева А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. 6-изд., перераб и доп.-М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.:253 ил.
 2. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. – 704 с.
 3. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М.: Металлургия, 1976. 272 с.
 4. Теслев С. А., Теслева Е. П. Использование железорудных неокислованных окатышей при производстве ферросилиция // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Юрга, 21-23 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 155-158.
 5. Теслев С. А., Теслева Е. П., Халтурина Д. В. Использование ископаемых углей при производстве ферросилиция // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов IX Международной научно-практической конференции, Юрга, 24-26 Мая 2018. - Томск: Изд-во ТПУ, 2018 - С. 94-96.
 6. Померанцев В.В., Ахмедов Д.В., Шестаков С.М. и др. Опыт промышленного котла БКЗ-420-140-9 с низкотемпературной вихревой топкой. // Энергомашиностроение, 1985, № 8, с.32–34.
 7. Пузырев Е.М., Афанасьев К.С. Опыт разработки вихревых топков на дробленом угле для котлов малой и средней мощности. // Энергетик, 2009, №4, с. 11–12.
- Щуренко В.П., Пузырев Е.М., Сеначин П.К. Моделирование и разработка низкотемпературных вихревых топочных устройств. // Ползуновский вестник, 2004, №1. с. 152–156.

**ПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЗАМКНУТОГО
ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**

А.Е. Тихонов, студ., И.Ю. Новоселов, асс.

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-70-17-77

E-mail: aet13@tpu.ru

Аннотация: В работе предложен плазменный метод переработки отходов замкнутого ядерного топливного цикла в виде водно-солеорганической композиции. Данный метод имеет ряд преимуществ и позволяет безопасно перерабатывать такие материалы. В работе определен оптимальный состав композиции для утилизации в плазме. Равновесные составы продуктов переработки показывают, что в процессе плазменной переработки идет образование N_2 , CO_2 , H_2O , а также $FeCl_3$ и Fe_2O_3 в конденсированной фазе. Отсутствие сажи является индикатором того, что процесс переработки экологически безопасен.

Abstract: The work proposed the plasma method of processing closed nuclear fuel cycle wastes in the form of a water-salt-organic composition. This method has several advantages and allows recycling such material safely. The optimal composition for recycling in plasma was determined. Equilibrium compositions showed that in the process of plasma processing N_2 , CO_2 , H_2O and also $FeCl_3$ and Fe_2O_3 in the condensed phase were formed. Lack of soot is an indicator that the recycling process is environmentally safe.

Ключевые слова: отходы, плазма, замкнутый ядерно-топливный цикл.

Keyword: waste, plasma, closed nuclear fuel cycle.

Для развития ядерной энергетики, а именно для создания замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ), большую роль играет реализация конечной ступени – переработка отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), его негорючих (ОП ОЯТ) и горючих отходов переработки (ГОП ОЯТ). Проблема обращения с ОЯТ не нова, в поисках решения этой проблемы было выполнено колоссальное количество работ, создано множество различных технологий [1].

Основой современной технологии переработки ОЯТ на радиохимических заводах (в том числе российских) является PUREX-процесс (Plutonium-Uranium Recovery by EXtraction), которому предшествуют рубка (фрагментация) отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС), а также растворение ОЯТ в азотной кислоте (рис. 1).

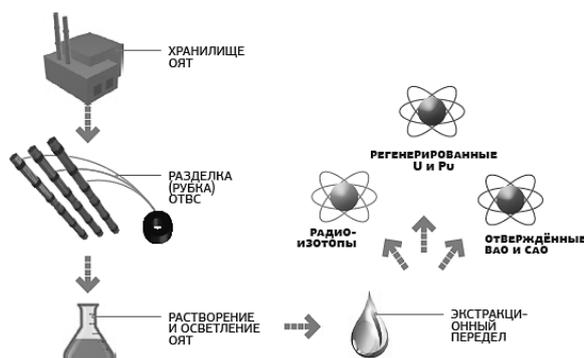


Рис. 1. Этапы переработки отработавших тепловыделяющих сборок

Чаще всего материалом-экстрагентом в указанном процессе, с помощью которого можно извлечь уран и плутоний, очищенные от продуктов деления, выступает трибутилфосфат (ТБФ), который разбавляется керосином, четыреххлористым углеродом или гексахлорбутадиеном (ГХБД) и др.

Отходы переработки ОЯТ (ОП ОЯТ) после того, как из них был извлечен уран и плутоний, представляют из себя водно-солевые растворы металлов с определенным модельным составом, который приведен в [3].

Достаточно высокая концентрация в растворе продуктов деления, а также плутониевых нуклидов значительно снижает эффективность экстрагента из-за радиационного воздействия, таким образом, экстрагент превращается в ГОП ОЯТ. В процессе экстракции образуется также отход в виде воды, загрязненной радиоактивными изотопами, которую сливают в карьеры при радиотехнических заводах и бессточные озера, отгороженные дамбами.

Значительное понижение энергозатрат на процесс возможно при плазменной переработке отходов ЗЯТЦ в форме горючих водно-солеорганических композиций (ВСОК).

Опыты показали, что полное сгорание жидких горючих отходов наблюдается в случае, когда они имеют температуру горения около 1200 °С [4]. На рисунке 2 показано влияние содержания ОП ОЯТ и ТБФ (в ГОП ОЯТ) на адиабатическую температуру горения различных по составу ВСОК на их основе.

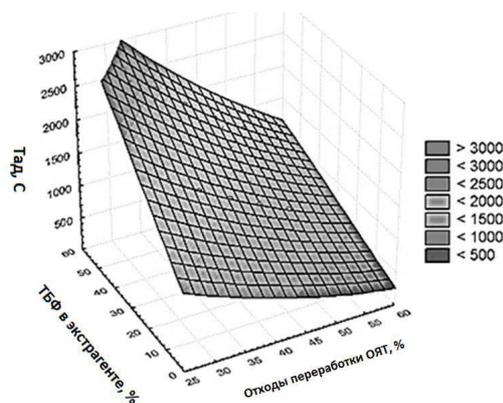


Рис. 2. График влияния содержания ТБФ в экстрагенте и ОП ОЯТ на адиабатическую температуру горения различных по составу ВСОК

Анализируя зависимость, очевидно, что для создания горючей ВСОК с адиабатической температурой горения ≈ 1200 °С, а также максимальным содержанием ОП ОЯТ, требуется следующий состав ВСОК: 34 % ОП ОЯТ : 20 % ТБФ : 46 % ГХБД.

На рисунке 3 представлены составы основных газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов, образующихся при плазменной переработке ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ в виде оптимальной по составу ВСОК (доля плазменного теплоносителя – 70 % масс.).

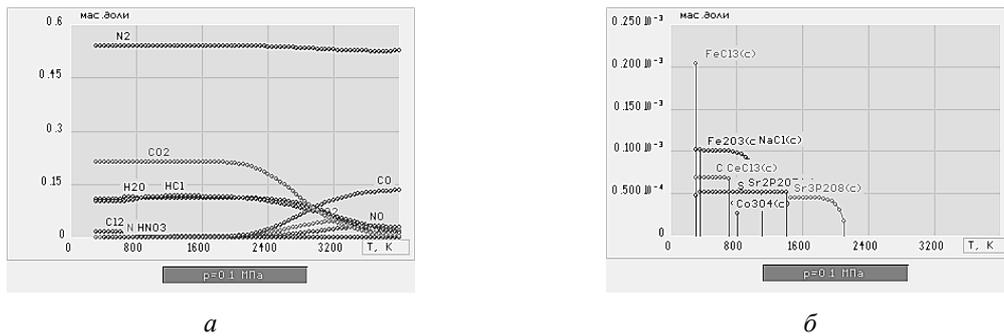


Рис. 3. Состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной утилизации горючих отходов переработки ОЯТ в воздушной плазме (70 % воздух : 30 % ВСОК)

Анализ составов (рис. 3) показывает, что в основном в газовой фазе образуются N_2 , H_2O , CO_2 , в конденсированной фазе – простые оксиды и хлориды. Отсутствие среди продуктов сажи, а также токсичных газов является индикатором того, что плазменная переработка ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ идет в экологически безопасном, а значит и оптимальном режиме.

Выводы. Плазменная утилизация отходов ЗЯТЦ в виде оптимальных по составу ВСОК позволяет избежать выпаривания и химической обработки, позволяет понизить энергозатраты на процесс. Принимая во внимание полученных результаты, можно рекомендовать для практической реализации процесса режимы:

- температурный интервал 1200 ± 100 °С;
- состав ВСОК (34 % ОП ОЯТ : 20 % ТБФ: 46 % ГХБД);
- доля плазменного теплоносителя: 70 %.

Список литературы:

1. Андрушин И.А., Юдин Ю.А. Обзор проблем обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2010. – 119 с.
2. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с.
3. Пантелеев Ю.А., Александрук А.М., Никитина С.А., Макарова Т.П., Петров Е.Р., Богородицкий А.Б., Григорьева М.Г. Аналитические методы определения компонентов жидких радиоактивных отходов. – Л.: Труды Радиового института им. В. Г. Хлопина, 2007. – Т. 12. – С. 124-147.
4. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 304 с.

СЕКЦИЯ 2: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕНЕДЖМЕНТ НА ПРЕДПРИЯТИИ

ОБЗОР СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В РФ

Я.В. Гребенюк^а, Захарова А.А.^б, д.т.н.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,
тел. (38451)7-77-64, E-mail: l.pta@bk.ru^а, aaz@tpi.ru*

Аннотация: Рассмотрены основные виды информационных ресурсов РФ, обеспечивающих сбор, хранение и обработку информации для четырех видов субъектов опережающей подготовки кадров в РФ: учебное заведение, работодатель, индивидуум, органы государственной власти. Представлен пример разработки средств информационного обеспечения, объединяющих в себе информацию из различных источников и позволяющих оценить образовательные программы на основе актуальных требований работодателей к компетенциям, а вакансии на основе актуальных предпочтений индивидуумов.

Abstract: Main types of the information resources of the Russian Federation providing collecting, storage and processing of information for four types of subjects of the advanced training in the Russian Federation (educational institution, employer, individual, public authorities) are considered. An example of the development of information support tools, combining information from various sources and allowing to evaluate educational programs based on actual requirements of employers for competencies, and vacancies based on actual preferences of individuals is presented.

Ключевые слова: опережающая подготовка кадров, информационное обеспечение, учебное заведение, работодатель, индивидуум, органы государственной власти

Keyword: advanced training, information support, educational institution, the employer, individual, public authorities

Множество студентов, закончив своё обучение, сталкиваются с фактом неактуальности своей профессии. Этому есть несколько объяснений, однако самое очевидное – при выборе учебного заведения и специальности студент не придавал большого значения тенденциям развития рынка и индустрии. В современных условиях всё большую актуальность приобретает опережающее обучение ввиду быстрого развития рынка.

Также опережающее обучение может быть использовано на территориях опережающего развития для создания актуальных для данной территории кадров. На территории Российской Федерации насчитывается порядка трёхсот моногородов, важным фактором в развитии которых так же является опережающее обучение, так как большой акцент делается на будущей работоспособности данных регионов.

Для обеспечения процесса опережающего обучения необходимо создать систему, способную собирать и обрабатывать данные от всех участников процесса. Всего в опережающем обучении задействованы четыре основные стороны:

- Учебное заведение, роль которого заключается в предоставлении возможности обучения, разработке и реализации программ опережающей подготовки.
- Работодатель, роль которого заключается в предоставлении информации о вакансиях и тенденциях развития, компетенциях, которые будут востребованы им в перспективе нескольких лет.
- Лицо, проходящее обучение – непосредственный потребитель системы опережающей подготовки, желающий получить наиболее актуальное образование и компетенции на момент выпуска.
- Органы государственного управления, заинтересованные в сохранении баланса на рынке труда, формировании трудовых ресурсов территорий, обеспечивающих современные потребности производства.

Система, получая данные от учебных заведений и работодателей, может помочь клиенту с выбором курса, или же составить индивидуальную программу и план обучения.

Цифровые технологии играют огромную роль в корректном функционировании системы поддержки опережающего обучения, особенно если рассматривать взаимодействие всех компонентов на основе единой платформы с заданным набором инструментов.

На данный момент присутствует ряд решений, выполняющих часть функционала системы опережающего образования. Рассмотрим основные из них.

Сайты учебных заведений – на примере сайта для абитуриентов ТПУ: сайт содержит данные касательно поступления в ТПУ, включая довузовскую подготовку и историю приёма прошлых лет, но так же и подробную информацию о направлениях подготовки, такую, как учебный план, особенности программы, ожидаемый результат прохождения курса и перспективы трудоустройства. [1].

Агрегаторы образовательных учреждений и образовательных программ – исходя из разнообразных пользовательских запросов, таких как желаемая профессия, интересующая область деятельности или конкретная специальность, или же просто баллы за единый государственный экзамен, предоставляют пользователю список подходящих учебных заведений, предоставляющий соответствующие учебные программы, который затем можно сузить применением дополнительных фильтров. Страница учебного заведения содержит основную информацию о нём, включая ссылку на собственный сайт. [2].

Образовательные ресурсы – по большей части лишь предоставляют возможность пройти платные либо бесплатные курсы, направленные на поднятие компетенций. [3].

Сайты работодателей – содержат подробную информацию о предприятии, включая юридическую, а так же список вакансий, который можно фильтровать по различным параметрам, таким, как сфера деятельности, и, если компания достаточно большая - регион работы и подразделение компании. [4].

Сайты-агрегаторы вакансий – предоставляют широкий список вакансий, включающий множество работодателей и должностей, исходя из предпочтений и возможностей клиента. Пользователь может либо оставить своё резюме с указанием желательной сферы деятельности и ждать отклика работодателей, либо же самостоятельно откликаться на вакансии, которые можно искать по желаемой должности, заработной плате, профессиональной области. Страница работодателя содержит необходимые компетенции и качества работника, его потенциальную сферу ответственности, карьерные перспективы. [5].

Сайты-портфолио – позволяют пользователю предоставить информацию о своих компетенциях и достижениях, а также свою характеристику в виде резюме. [6].

В таблице 1 представлены обобщенно основные информационные ресурсы и основные виды информации, которые важны для формирования системы опережающей подготовки кадров.

Таблица 1

Средства информационного обеспечения опережающей подготовки в РФ

	Образовательная программа	Приобретаемые компетенции	Потенциальное место трудоустройства	Требуемые компетенции	Условия труда	Потенциальная заработная плата	Сведения о работодателе
Сайты учебных заведений	+	+	+				
Агрегаторы образовательных программ	+	+					
Образовательные ресурсы	+	+	+				
Сайты работодателей				+	+	+	+
Сайты-агрегаторы вакансий				+	+	+	+

Видим, что, ни один из существующих видов источников не обеспечивает полной информацией всех субъектов опережающей подготовки кадров. Поэтому целесообразно создание единой, или хотя бы объединяющей несколько источников, платформы. Принцип работы такой системы описан в статье «Система оценки образовательных программ на основе требований работодателей» [7]. Авторами рассматривается система, которая, основываясь на данных из нескольких источников (образовательных учреждений, работодателей и индивидуумов), производит оценку актуальности и конкурентоспособности той или иной вакансии или учебной программы. Для этого предполагается, что критерии оценки не одинаково важны для пользователя, и на основе весов всех критериев вычисляется прямая ранжированная оценка для каждой альтернативы. На рис.1 представлена схема организации обработки данных от работодателей и учебных заведений, которая позволяет индивидууму

получать оценки образовательных программ в соответствии с требованиями работодателей. Система реализована на платформе 1С.

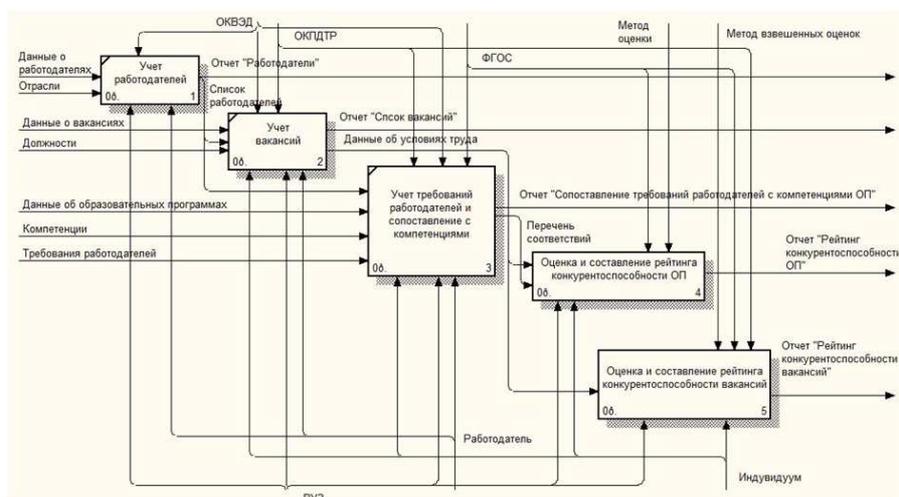


Рис. 1. Схема оценки образовательных программ на основе требований работодателя

Подобный принцип должен быть положен в разработку платформы, обеспечивающей информационное взаимодействие субъектов-участников опережающей подготовки инженерных кадров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-013-00486.

Список литературы:

1. Поступающим 2019, URL <http://abiturient.tpu.ru/> (дата обращения: 20.04.2019).
2. Куда поступать, URL: <https://postupi.online/> (дата обращения: 20.04.2019).
3. Бесплатные онлайн-курсы, URL: <https://welcome.stepik.org/ru> (дата обращения: 20.04.2019).
4. ЛУКОЙЛ -вакансии, URL: <http://www.lukoil.ru/Company/Career/Vacancies> (дата обращения: 20.04.2019).
5. Работа в Кемерове, URL: <https://kemerovo.hh.ru/> (дата обращения: 20.04.2019).
6. Фламинго ТПУ, URL: <http://flamingo.tpu.ru/> (дата обращения: 20.04.2019).
7. Захарова А.А., Лазарева А.Н., Зорина О.Ю., Останин В.В. Информационная система оценки образовательных программ на основе требований работодателей //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 -1.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20292> (дата обращения: 22.04.2019).

ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОДВЕРГАЮЩЕГОСЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫМ ВТОРЖЕНИЯМ КОМПЬЮТЕРНОГО УЗЛА ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

К.С. Ткаченко, инженер 1-й кат.

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

299053, Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Университетская, 33

E-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

Аннотация: Современные промышленные предприятия зависят от цифровых технологий для организации инфраструктуры. Эти технологии основываются на компьютерных системах, состоящих из компьютерных узлов. Имеются риски, связанные с появлением несанкционированных вторжений в потоках входных заявок этих компьютерных узлов. Эти несанкционированные вторжения могут привести к изменениям выходных компьютерных узловых характеристик и потерям. Поэтому предлагается способ для организации подготовки компьютерных узлов. На основе этого способа можно выполнить параметрическую оптимизацию компьютерных узлов на этапе проектирования для повышения их устойчивости к несанкционированным вторжениям.

Abstract: Modern industrial enterprises rely on digital technology to organize their infrastructure. These technologies are based on computer systems consisting of computer nodes. There are risks associated with the occurrence of unauthorized intrusions in the flow of input requests of these computer nodes. These unauthorized intrusions can lead to changes in computer output nodal characteristics and losses. Therefore, a method is proposed for organizing the preparation of computer nodes. Based on this method, you can perform parametric optimization of computer nodes at the design stage to increase their resistance to unauthorized intrusions.

Ключевые слова: цифровые технологии, компьютерные узлы, инфраструктура, системы массового обслуживания, аналитическое моделирование.

Keywords: digital technologies, computer nodes, infrastructure, queuing systems, analytical modeling.

Для выполнения анализа больших объемов данных промышленным предприятиям требуются специализированные средства [1]. Поскольку нет возможности применять отдельные компьютеры, необходимо применять распределенные системы и ресурсы. Эти системы и ресурсы должны быть иерархически связаны на всех уровнях. Промышленное проектирование в таких системах использует развитые технологии мониторинга и контроля для эффективного управления всеми подсистемами в целом. На основе мониторинга можно выполнять прогнозирование обслуживания подсистем и, что немаловажно, немедленное реагирование на изменение состояний подсистем. Построенное на этом мониторинге управление объединяет все структуры промышленных предприятий.

В современном машиностроении жизненный цикл продуктов поддерживается информационными технологиями [2]. Существующее программное обеспечение не является в полной мере специализированным, поскольку имеет универсальные черты для широкого охвата аппаратных и программных платформ. Потому анализ состояний инфраструктур промышленных предприятий требует использования имитационных моделей, учитывающих их особенности. Адаптированные программы позволяют повысить общий технический уровень производственных предприятий.

Применение информационных технологий в управлении позволяет эффективно применять имеющиеся ценные ресурсы [3]. Эти технологии с учетом современных методов анализа и обработки информации позволяют выполнять построение специализированных систем документооборота. Такие системы объединяют в себе информационные потоки промышленных предприятий, за счет чего обеспечивают обмен информацией в оперативном режиме. Современные компьютерные средства изменяют предприятие, трансформируют и рационализируют структуры управления. При этом цифровые технологии должны обеспечивать требуемый уровень надежности, уменьшать затраты на управление, а также реализовывать управление в реальном масштабе времени.

Продукция промышленных предприятий должна удовлетворять требованиям потребителей [4]. Свойства качества продукции в первую очередь определяются эксплуатационными характеристиками. Поэтому контроль объектов промышленных предприятий должен учитывать особенности управления процессом выполняемых предупредительных мероприятий. Система планирования в технологических процессах и операциях подчиняется дисциплинам обслуживания.

Адаптивность поведения управления в нестабильном окружении увеличивает роль компьютерных технологий [5]. Для выполнения модернизаций необходимо сокращать время выполнения действий по применению имеющихся ресурсов. Применение информационно-коммуникационных технологий позволяет интегрировать и кооперировать в единые кластеры однотипные варианты оборудования. Такие адаптивные кластеры уменьшают издержки при имеющейся гибкости по отношению к масштабируемости. Прогнозирование в таких системах позволяет влиять на результаты целенаправленного поиска результативных управляющих воздействий.

В компьютерных системах промышленных предприятий целостность цифровых данных гарантируется политиками информационной безопасности [6]. Защита аппаратно-программного обеспечения является составным элементом для построения критической инфраструктуры. Устойчивое функционирование компьютерных систем промышленного предприятия должно происходить на всех уровнях иерархии единой информационной системы. Целостность ресурсов компьютерных систем обеспечивается построением специализированных систем обнаружения вторжений.

Затраты на защиту должны учитывать вероятный ущерб [7]. Экономическая эффективность создаваемых средств защиты информации является при таком подходе основой политики и концепции информационной безопасности. Компьютерные узлы для обработки и анализа информации формируют основной состав защищаемых технических и программных объектов. Средства обмена информацией обеспечивают доступ к объектам различного уровня конфиденциальности, что лежит

в основе функционирования всех систем в целом. Поэтому атаки на такие компьютерные узлы приведут к потере ими свойств доступности.

Организация информационной безопасности зависит от структуры промышленного предприятия [8]. Эксплуатационные затраты защитных систем зависят от их качества и эффективности. Построение и применение защитных систем определенного качества и эффективности приносит риски информационной безопасности. Единичные риски зависят от вероятности угроз и ущерба от них. Прогнозирование и идентификация рисков на основе введенных в эксплуатацию защитных средств влияют на производство продукции промышленным предприятием и организации всей ее деятельности.

Чтобы не использовать реальные компьютерные узлы, надо работать с их моделями. Аналитические модели потребляют меньше ресурсов, чем любые другие. Наиболее распространенными аналитическими моделями компьютерных узлов являются построенные на основе систем массового обслуживания (СМО) [9–14].

Целью настоящей работы является подготовка аналитического моделирования компьютерного узла инфраструктуры промышленного предприятия, подвергающегося несанкционированным вторжениям, для последующей корректировки канальных параметров.

Для компьютерных узлов одной из подходящих моделей является СМО типа М/М/1. Система М/М/1 имеет один обрабатывающий канал и неограниченную очередь заявок. Известны интенсивность входного потока заявок λ и производительность их обработки μ . На основе величин λ и μ можно определить важнейшие характеристики системы:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu}, \\ p_0 &= 1 - \rho, \\ p_i &= \rho^i p_0 \quad (i = 1, 2, \dots), \\ L_q &= \frac{\rho^2}{1 - \rho}, \\ L_s &= \frac{\rho}{1 - \rho}, \\ T_q &= \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}, \\ T_s &= \frac{1}{\mu(1 - \rho)}. \end{aligned} \tag{1}$$

В формуле (1) ρ – загрузка, p_0 – вероятность простоя, p_i – вероятность наличия в системе i заявок, L_q – среднее число заявок в очереди, L_s – среднее число заявок в системе, T_q – среднее время пребывания заявки в очереди, T_s – среднее время пребывания заявки в системе.

При наличии во входном потоке компьютерного узла заявок от событий несанкционированных вторжений, происходит возрастание интенсивности λ . Рост этой интенсивности λ меняет все отклики СМО, в том числе, p_0 , p_i ($i = 1, 2, \dots$), L_q , L_s , T_q , T_s . Это изменение, с одной стороны, приводит к потерям от ухудшения характеристик, а с другой стороны, играет диагностическую роль. Поэтому вводится штрафная функция:

$$F = C_{lq}L_q + C_{ls}L_s + C_{tq}T_q + C_{ts}T_s. \tag{2}$$

В формуле (2) C_{lq} – штраф за большое число заявок в очереди, C_{ls} – штраф за большое число заявок в системе, C_{tq} – штраф за большое время пребывания заявки в очереди, C_{ts} – штраф за большое время пребывания заявки в системе, F – значение штрафной функции. После преобразований (2) с учетом (1) получается:

$$F = \frac{C_{ts} + C_{tq}\rho + C_{ls}\mu\rho + C_{lq}\mu\rho^2}{\mu(1 - \rho)}. \tag{3}$$

Из формула (3) при известных и заданных ЛПР (лицом, принимающим решения) C_{lq} , C_{tq} , C_{ls} , C_{lq} , ограничения на штраф, заданном ЛПР, $F = F^*$, измеренной ρ можно получить требуемую величину производительности μ :

$$\mu = \frac{C_{ts} + C_{tq}\rho}{F^*(1 - \rho) - (C_{ls}\rho + C_{lq}\rho^2)}. \quad (4)$$

Формула (4) позволяет определять необходимую величину производительности компьютерного узла μ . После чего эта величина устанавливается на узле, действиями ЛПП или автоматически.

Пример расчета по формуле (4) приводится в таблице 1.

Таблица 1

Результаты вычислительного эксперимента

№	C_{lq}	C_{ls}	C_{tq}	C_{ts}	ρ	F^*	μ
1	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	1,5000	9,3333
2	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	2,0000	2,5455
3	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	2,5000	1,4737
4	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	3,0000	1,0370
5	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	3,5000	0,8000
6	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	4,0000	0,6512
7	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	1,5000	0,6667
8	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	2,0000	0,4615
9	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	2,5000	0,3529
10	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	3,0000	0,2857
11	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	3,5000	0,2400
12	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	4,0000	0,2069
13	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,7500	1,5000	7,5556
14	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,7500	2,0000	2,3448
15	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,7500	2,5000	1,3878
16	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,7500	3,0000	0,9855
17	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,7500	3,5000	0,7640
18	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,7500	4,0000	0,6239
19	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,5000	1,5000	0,6087
20	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,5000	2,0000	0,4242
21	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,5000	2,5000	0,3256
22	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,5000	3,0000	0,2642
23	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,5000	3,5000	0,2222
24	0,3000	0,2000	0,3000	0,2000	0,5000	4,0000	0,1918

Результаты расчетов в таблице 1 демонстрируют, что функция (4) является чувствительной.

На основе полученного результата возможно выполнять оптимизирующую корректировку канальных параметров. Такая корректировка возможна либо на основе применения программно-аппаратных структурных компонент системы обнаружения вторжений, либо ручным способом.

Список литературы:

1. Нечеухина Н.С. Контроллинг как механизм повышения эффективности промышленного предприятия в условиях применения цифровых технологий / Н.С.Нечеухина, Н.А.Полозова, Т.И.Буянова // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, т.10, №4, 2017. С. 176–186.
2. Чижов М.И. Взаимодействие ВУЗа и промышленного предприятия в области цифровых технологий в жизненном цикле изделий / М.И.Чижов, А.В.Бредихин, А.А.Анохин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.18, №4-3, 2016. С. 493–497.
3. Володин В.М. Инновационное развитие промышленных предприятий и информационные технологии управления / В.М.Володин, И.А.Сергеева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки, №1, 2012. С. 175–182.
4. Чернявский Д.И. Совершенствование обеспечения управления качеством продукции на промышленном предприятии / Д.И.Чернявский // Омский научный вестник, №2 (76), 2009. С. 81–86.

5. Дресвянников В.А. Ключевые особенности управления современными промышленными предприятиями / В.А.Дресвянников // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки, №4, 2011. С. 175–182.
6. Балановская А.В. Концептуальный подход к построению системы информационной безопасности промышленного предприятия / А.В.Балановская // Вестник Самарского государственного университета, №5 (127), 2015. С. 14–20.
7. Казакова А.В. Концепция информационной безопасности промышленных предприятий / А.В.Казакова // Вестник Самарского государственного университета, №84, 2011. С. 128–135.
8. Бабенко А.А. Модель оценки и прогнозирования рисков инвестирования информационной безопасности промышленных предприятий / А.А.Бабенко, С.С.Козунова // Научный результат. Информационные технологии, т.1, №4, 2016. С. 29–35.
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. М.: Наука, 1969. 576 с.
10. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневецкий. М.: Техносфера, 2004. 512 с.
11. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. М.: Высш. школа, 1972. 368 с.
12. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. М.: Наука, 1966. 432 с.
13. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок. М.: Мир, 1979. 600 с.
14. Новиков О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, Б.В. Гнеденко, С.И. Петухов. М.: Советское радио, 1969. 398 с.
15. Gnedenko B.V. Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya / B.V. Gnedenko, I.N. Kovalenko. M.: Nauka, 1966. 432 s.
16. Klejnrok L. Vy`chislitel`ny`e sistemy` s ocheredyami / L. Klejnrok. M.: Mir, 1979. 600 s.
17. Novikov O.A. Prikladny`e voprosy` teorii massovogo obsluzhivaniya / O.A. Novikov, B.V. Gnedenko, S.I. Petukhov. M.: Sovetskoe radio, 1969. 398 s.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО СОСТАВА ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

*Е.В. Петров, к.т.н., доц., Качаева С.Г., ст. лаборант
Томский государственный архитектурно-строительный университет
634000, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-51-02
E-mail: petrov1818@rambler.ru*

Аннотация: В статье представлены особенности формирования кадрового состава высших учебных заведений. Рассмотрен опыт университетов по подбору преподавательского состава высших учебных заведений. Внедрение в вузах системы эффективного контракта позволяет повысить ответственность сотрудников за результаты своей работы, получить наибольшую эффективность работы преподавательского состава за счет персональной оценки труда сотрудников, что стимулирует каждого работника к максимальной отдаче.

Abstract: The article presents the features of the formation of the staff of higher educational institutions. The experience of universities in the selection of faculty members of higher educational institutions is considered. The introduction of an effective contract system in higher education institutions allows to increase the responsibility of employees for the results of their work, to get the greatest efficiency of the teaching staff through personal evaluation of employees, which stimulates each employee to maximize returns.

Ключевые слова: высшее образование, конкурсный отбор, эффективный контракт, приглашенные специалисты.

Keywords: higher education, competitive selection, effective contract, invited experts.

Основной задачей модернизации Российского образования является создание эффективной системы управления человеческими ресурсами. Задача предполагает установление социальных и личностных приоритетов в реализации комплекса мероприятий по формированию кадрового состава высших учебных заведений. Университеты ставят целью максимальное увеличение отдачи от инвестиций в персонал на основе мотивации каждого работника на достижение целей организации, а так же создания и развития объективной и эффективной системы оценки личного вклада каждого работника.

По мнению экспертов, состав профессорско-преподавательского штата Российских высших учебных заведений не соответствует мировым стандартам по ряду причин:

- отсутствие на практике конкурса преподавателей, так как в основном конкурс на замещение вакантных должностей проводится формально, и в нем участвует на одну должность один преподаватель;
- несбалансированность профессорско-преподавательского состава по профессиональным качествам и возрастным показателям замедляет модернизацию научно-образовательной сферы;
- консерватизм, который обусловлен присутствием на ведущих должностях большого числа носителей традиционной культуры, которая не нацелена действовать в конкурентной среде;
- недостаточный профессионализм, связанный с недостатком высококвалифицированных специалистов из-за отсутствия достаточного стимулирования должности преподавателей [1].

Многие Российские университеты стараются решить эту проблему путем проведения специальных программ или мероприятий, направленных на эффективный отбор, развитие и мотивацию кадров [4, 8].

В программе развития Северного (Арктического) федерального университета предусмотрено решение задачи по обеспечению конкурентоспособного уровня преподавательского состава вуза путем повышения уровня кадрового потенциала университета и привлечения квалифицированных и перспективных сотрудников для работы в университете. Университет также разработал «Комплексный план подготовки профессорско-преподавательского состава и повышения квалификации», согласно которому преподаватели и перспективные выпускники университета обучаются или повышают квалификацию в центральных вузах и в дальнейшем остаются работать в Северном (Арктическом) федеральном университете [2].

Университеты не только реализуют отдельные мероприятия по формированию эффективного профессорско-преподавательского состава, но и разрабатывают системные программы в отношении кадрового резерва. В соответствии с программами развития ведущих университетов запланированы специальные программы развития молодых сотрудников:

- привлечение и закрепление молодых научно-педагогических кадров в университете;
- стимулирование молодых ученых, преподавателей и специалистов;
- конкурсная поддержка молодых преподавателей и научных сотрудников;
- формирование кадрового резерва.

В Томском политехническом университете и Высшей школе экономики разработана и действует специальная программа кадрового резерва, которая обеспечивает поддержку всех преподавателей, в том числе и молодых ученых. Для повышения эффективности кадровой политики, в университетах особое внимание уделяется разработке критериев, на основе которых осуществляется конкурсный отбор преподавательского состава.

Эффективный контракт с преподавателями является важным элементом конкурентоспособности высшего учебного заведения [3]. Также наряду с возможностями для преподавателей к ним применяются жесткие требования: публикации, размещение и обновление информации на официальном сайте, активная исследовательская работа и участие в практических проектах. Эффективный контракт, заключаемый с преподавателями, предусматривает оплату труда преподавателя в зависимости от достигнутых результатов своей научной и учебной работы.

В Томском государственном университете также действует система эффективного контракта, которая направлена на повышение ответственности сотрудника за результаты своей научной и учебной деятельности. Данный принцип стимулирует каждого сотрудника к максимальной отдаче, так как вознаграждение зависит от его результативности, а не от факторов, которые не находятся под его контролем [5, 6]. За основу показателей в контракте взяты: публикационная активность мирового масштаба, в том числе соавторство и партнерство; привлечение внебюджетных средств для университета; проявление инициативы, культуры саморазвития. Также в рамках привлечения и развития ключевого персонала вуза и роста качества профессорско-преподавательского состава планируется создание системы развития кадрового потенциала университета за счет методики оценки результативности научно-педагогических коллективов, привлечения международных кадров и взаимодействия с мировыми и российскими учреждениями.

Одним из наиболее эффективных способов формирования преподавательского состава высшего учебного заведения является поиск и приглашение специалистов, которые необходимы для развития университета на данном этапе и обновления кадрового состава вуза. Высшая школа экономики привлекает обладателей степеней западных университетов. Санкт-Петербургский государственный университет вводит в практику инновационный рекрутинг. Университет объявляет конкурсы науч-

ных исследований, участником которых может быть не только сотрудник университета, но и сотрудники других российских и зарубежных научно-образовательных и научно-производственных учреждений. В случае выигранного конкурса участник обязан перейти на работу в университет, это является важным требованием, публикуемым в объявлении о конкурсе.

Российские университеты принимают на работу преподавателей из ведущих зарубежных вузов и планируют расширять практику привлечения преподавательских кадров (как зарубежных, так и отечественных), имеющих высокую репутацию и научную продуктивность из-за рубежа и других российских университетов на постоянную работу, включая их в состав штатных сотрудников, так и на временные контракты. Новосибирский государственный университет создает условия для привлечения преподавателей и ученых из-за рубежа на конкурсной основе.

Томский политехнический университет внес огромный вклад в процедуру отбора персонала на основе модели компетенции преподавателя высшего учебного заведения. Представленная модель компетенций преподавателя включает несколько уровней. В первом уровне модели компетенций преподавательского состава представлено три интегральные компетенции: компетенции, характеризующие личностные качества человека; компетенции, характеризующие его коммуникативные качества и компетенции, характеризующие деятельность человека. На втором уровне прописаны ключевые компетенции, необходимые для преподавателя высшего учебного заведения: компетенции здоровьесбережения, компетенции интеграции, компетенции самосовершенствования, саморегулирования саморазвития, компетенции в социально-гражданской сфере, компетенции в общении, компетенции социального взаимодействия с обществом, компетенция познавательной деятельности, профессиональные компетенции и компетенции управления информацией. С третьего по пятый уровни детализированы знания, умения и навыки, необходимые для успешной работы в сфере профессионального высшего образования.

Компетенция, связанная со здоровьесбережением характеризует потребность в развитии физических способностей, поддержании физического здоровья, умение поддерживать работоспособность в изменяющихся условиях, а также устойчивость к психо-эмоциональным перегрузкам. Компетенция в социально-гражданской сфере определяет знания прав и обязанностей гражданина, социальную активность. Компетенция социального взаимодействия с обществом включает в себя умение выстраивать эффективное и бесконфликтное межличностное взаимодействие с различными группами в обществе, уважение и принятие другого человека, умение разбираться в конфликтах и гасить их и другие. На четвертом и пятом уровнях модели компетенции представлены умения и навыки, необходимые для успешной работы в избранной сфере: глубокое знание предмета, владение основами педагогики, умение эффективно использовать различные формы, методы, средства и технологии обучения для достижения поставленных педагогических целей, умение владеть аудиторией, умение формировать и отбирать основной материал, умение вовлекать студентов в научную работу, умение проводить экзамены и зачеты, готовность участвовать в исследовательских проектах и другие. Представленная модель является инструментом, включающим перечень требований к личностным и профессиональным качествам педагога.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что особое внимание необходимо уделять подбору высококвалифицированного кадрового состава преподавателей, которые отвечают современным требованиям. Вузы внедряют практику эффективных контрактов, благодаря которым смогут получить наибольшую эффективность работы преподавательского состава, за счет персональной оценки труда сотрудников. Рекрутинг, приглашение специалистов необходимых для эффективной деятельности, инновационный рекрутинг, приглашение специалистов путем объявления конкурса, являются относительно новыми, но продуктивными способами формирования профессорско-преподавательского состава, за счет уже увиденных результатов деятельности и возможности определения потенциала преподавателя. Непрерывное повышение квалификации преподавателей вузов и постоянное привлечение талантливых выпускников в состав преподавателей высших учебных заведений ведет к тому, что кадровый потенциал вуза будет конкурентоспособным и эффективным. Привлечение в штат или на временные контракты зарубежных преподавателей обновляет кадровый состав, улучшает показатели и делает высшее учебное учреждение намного эффективнее и конкурентоспособнее.

Список литературы:

1. Ветлужских Е. Мотивация и оплата труда: Инструменты. Методики. Практика. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 148 с.

- Исаева Т.Е. Оценочная компетенция вузовского преподавателя: содержание и смысл // Высшее образование в России. 2014. № 10. С. 106–112.
- Компетентностная модель преподавателя современного ВУЗа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moyuniver.net> (Дата обращения: 02.02.2019).
- Карташова А.В. Управление человеческими ресурсами. М.: ИНФРА–М, 2005. 212 с.
- Печенкина Т.И., Колосова М.В., Морозов А.И., Петров Е.В. Особенности подготовки социальных работников в системе высшего профессионального образования Сибирского региона // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2014. Т. 2. № 4 (127). С. 61–69.
- Печенкина Т.И., Колосова М.В., Морозов А.И., Петров Е.В. Проблемы подготовки социальных работников в системе высшего профессионального образования (на примере Томской области) // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2015. Т. 14. № 3 (130). С. 136–145.
- Соломанидина Т.О., Соломанидин В.Г. Мотивация трудовой деятельности персонала. Учебное пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. 312 с.
- Травин В. В., Дятлов В. А. Основы кадрового менеджмента. М.: Дело, 2007. 336 с.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРЕЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ

*Л.А. Булышева к.т.н., профессор, М.Ю. Катаев д.т.н., профессор, Н.В. Лосева
Университет Олд Доминион, США*

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск
Фонд социального страхования, г. Томск
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, E-mail: kmy@asu.tusur.ru*

Аннотация: Каждое предприятие при решении производственных задач сталкивается с сложностями управления, которые связаны с изменением внешней и внутренней среды. В настоящее время, эти сложности решаются более на интуиции, опыта и знаний руководителя, чем на основе информационной и алгоритмической базы. Поэтому, анализ различных аспектов поведения основных бизнес-процессов предприятия в ходе деятельности является значимым для поддержания устойчивости предприятия при различных вариациях воздействий внешней и внутренней среды. Известно, что оценка эффективности бизнес-процессов предприятия основывается на качественные или количественные показатели деятельности. В связи с этим возникает необходимость выбора подхода, типа и числа параметров, для оценки изменений бизнес-процессов. Понятно, что точность получаемой оценки зависит от уровня (оперативного или тактического), вида и сложности бизнес-процесса и зависимости его от внутренней и внешней среды. Результаты исследования допускают сделать вывод о том, что на предлагаемая система на основе бизнес-процессов позволяет получить количественную оценку деятельности предприятия.

Abstract: When solving production problems, every enterprise is faced with management difficulties that are associated with changes in the external and internal environment. Currently, these difficulties are solved more on the intuition, experience and knowledge of the leader, than on the basis of information and algorithmic base. Therefore, the analysis of various aspects of the behavior of the main business processes of an enterprise in the course of an activity is significant for maintaining the sustainability of the enterprise with different variations in the external and internal environment. It is known that the assessment of the effectiveness of business processes of an enterprise is based on qualitative or quantitative performance indicators. In this regard, it is necessary to choose the approach, type and number of parameters, to assess changes in business processes. It is clear that the accuracy of the assessment depends on the level (operational or tactical), the type and complexity of the business process and its dependence on the internal and external environment. The results of the study allow us to conclude that the proposed system, based on business processes, provides a quantitative assessment of the enterprise's activities.

Ключевые слова: предприятие, бизнес-процесс, оценка деятельности, показатели

Keyword: enterprise, business process, performance evaluation, indicators

В стандарте Р ИСО 9000-2008 дано определение процесса, под которым понимается совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в услугу или продукт. Последовательность бизнес-процессов позволяет представить основную или вспомогательную деятельность предприятия. Использование такого представления позволяет моделировать деятельность предприятия на уровне тех показателей, которые лежат в основе каждого бизнес-

процесса. Эта идея является одной из важнейших составляющих процессно-ориентированного подхода к управлению предприятием. Оценка качества управления связывается с оценкой результатов выполнения бизнес-процессов и их эффективности (временная, финансовая или ресурсная). Отметим, что оценка результатов бизнес-процессов и их эффективности является пока еще темой споров и одновременно множества работ.

Планомерная, развивающаяся деятельность предприятия зависит от множества факторов, которые определяются внешней и внутренней средой. Возможности предприятия для повышения экономической эффективности (производительность труда, снижение затрат, повышение качества выпускаемого продукта, оказываемой услуги и др.) определяются необходимостью детального контролирования всех бизнес-процессов деятельности. Применение бизнес-процессов позволяет положительно влиять на конкурентоспособность и значит на устойчивость предприятия. Таким образом, текущая деятельность и развитие предприятия зависит от организации процесса планирования и управления. Описание деятельности предприятия через бизнес-процессы начинает набирать обороты, так как это имеет явные выгоды перед предприятиями с известными, классическими формами управления. Это направление имеет и важную особенность, что позволяет автоматизировать процессы планирования и управления деятельностью и соответственно обеспечивать эффективную работу предприятия.

Последние 20 лет информационные технологии постепенно входят в повседневную жизнь многих предприятий, а автоматизация деятельности бизнес-процессов предприятия только начинает набирать обороты. Можно выделить области деятельности предприятия, которые в большей части используют описание через бизнес-процессы и автоматизацию: бухгалтерия, логистические операции, управления запасами, управление персоналом и др. [1]. Анализ вышесказанного позволяет сделать вывод о том, что более всего на бизнес-процессы переведены вспомогательные бизнес-процессы, а основные менее всего затронуты изменениями. Актуальность темы данного исследования обусловлена всевозрастающей ролью планирования и управления деятельностью предприятия в условиях существенного влияния факторов внешней среды.

Анализ бизнес-процессов предприятия проводится с помощью разнообразных методик, которые имеют, на взгляд авторов, более субъективной оценки, чем истинно количественной. Приведем несколько таких методик. Качественный анализ бизнес-процессов предприятия выполняется с помощью известных методов: SWOT-анализа или Бостонской матрицы и др. Методы количественного анализа бизнес-процессов деятельности предприятия основаны на сборе, обработке и анализе статистической информации возникающей в процессе получения продукта. Заметим, что это направление является основой для построения систем менеджмента качества [4]. Самый известный количественный способ оценки бизнес-процессов основывается на методе сбалансированной системы показателей BSC (Balanced Scorecard). В этом подходе система финансовых и нефинансовых показателей собирается на оперативном уровне и передает их на стратегический уровень, для его коррекции и получения направления вектора развития. Однако, этот способ построен таким образом, что доходящая до стратегического уровня информация является более субъективной и явно не отражает деятельность предприятия. В последнее время начинают получать распространение такие количественные методы как: имитационное моделирование, системы массового обслуживания, ABC-анализ процессов (операционный анализ затрат) и др.

Нами предлагается достаточно простой подход описания деятельности предприятия через бизнес-процессы, который основан на следующих предпосылках (см. рис.1).

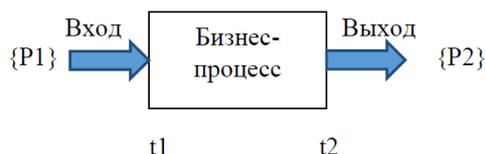


Рис.1 Представление бизнес-процесса, как деятельности протекающей в отрезок времени (t_2-t_1) , при которой происходит изменение параметров от $\{P_1\}$ до $\{P_2\}$

Можно сказать, что на входе в бизнес-процесс имеется некоторое состояние $C(t_1, \{P_1\}, V_1)$, а на выходе состояние $C(t_2, \{P_2\}, V_2)$, где $V_{1,2}$ – соответствующие воздействия внешней и внутрен-

ней среды. Тогда можно сформулировать количественный подход оценки деятельности предприятия через оценку разности состояний при минимизации разных воздействий.

$$\Delta C = |C(t_2, \{P_2\}, V_2) - C(t_1, \{P_1\}, V_1)| \text{ при } ((t_1 - t_{1o}), (t_2 - t_{2o})), ((P_1 - P_{1o}), (P_2 - P_{2o})) \rightarrow \min$$

Такая модель позволяет накладывать разнообразные ограничения на временные изменения (например, отклонения от плановых показателей t_{1o}, t_{2o}), на параметры (P_{1o}, P_{2o}) , значения которых можно контролировать. В докладе приводятся исследования предлагаемой модели для случая государственного предприятия – Фонда социального страхования (ФСС). Особенность деятельности ФСС заключается в том, что каждый квартал, необходимо оказывать типовые услуги множеству клиентов и качество услуги определяется временем оказания услуги. При оказании услуг всегда возникает множество ситуаций, когда плановые параметры нарушаются и необходимо найти соответствующее решение.

Список литературы:

1. Булышева Л.А., Катаев М.Ю., Лосева Н.В. Система мониторинга качества оказания услуг в государственном учреждении на основе бизнес-процессов // Бизнес-информатика. 2018. № 1 (43). С. 71-80.
2. Катаев М.Ю., Лосева Н.В., Булышева Л.А. Структура информационной рекомендательной системы поддержки принятия решений при оказании услуг государственным учреждением // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2018. Т. 21. № 2. С. 83-87.
3. Bulysheva L.A., Kataev M.Yu., Loseva N.V. Modeling of service time in public organization based on business processes // Lecture Notes in Business Information Processing. 2018. Т. 310. С. 3-11.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

*В.В. Смирнов, к.т.н, доц., А.Г. Овчаренко, д.т.н., проф., А.М. Фирсов, к.т.н., доц.
Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного
технического университета им. И.И. Ползунова
65930к, г. Бийск, улица имени Героя Советского Союза Трофимова, 27,
тел. (3854)-43-53-08, E-mail: tmk@bti.secna..ru*

Аннотация. В статье рассматривается общая структура и особенности функционирования цифрового обрабатывающего производства. Формируются требования к составу математического обеспечения, реализующему интеллектуальную составляющую цифровой обрабатывающей системы.

Abstract: The article deals with the General structure and functioning of digital manufacturing. The requirements to the composition of the mathematical software implementing the intellectual component of the digital processing system are formed.

Ключевые слова: цифровое производство, обрабатывающая система, математическая модель.

Keyword: digital production, processing system, mathematical model

В обрабатывающей промышленности цифровизация становится незаменимым движущим фактором в обеспечении жизненного цикла продукции и определяет новые производственные режимы для адаптации к усложняющейся структуре продукта, все более персонализированному, диверсифицированному потребительскому спросу и разветвленной производственной сети [1]. Все процессы, связанные с проектированием и изготовлением продукции реализуются путем анализа, планирования и рекомбинации, координирования и совместного использования различного вида информации, интеграции различных компонентов САПР и АСУП (CAD/CAM/CAE/PDM/ERP и др.). При этом параметры управления для производственных модулей задаются цифровыми сигналами. Также все виды данных, включая информацию о конструкции, информацию о процессе, информацию о производстве, в том числе в знаниевой её форме, передаются в виде цифровых сигналов между производственными ячейками через компьютерную сеть. Готовый продукт снабжается цифровым кодом, обеспечивающим решение задач производственной логистики. Процесс оцифровки касается также и других элементов производственного процесса на предприятиях. Цифровая информация не только формирует управляющие параметры для производственного оборудования, но и генерируется в структурных подразделениях предприятия (в виде документов, графических моделей, данных, знаний) и передается внутри предприятия через цифровые сети. Цифровое управление позволяет автоматизировать

производственные процессы, выявлять и контролировать параметры производственного процесса, уведомлять о неисправностях и даже предлагать некоторые типовые решения проблем.

Основной задачей исследований в области цифрового производства является создание интеллектуальных моделей, предназначенных для анализа и обработки данных, управления данными, для оптимизации производственного процесса, обеспечения высокой производительности, качества продукции, надёжности производственных связей, а также для обеспечения удовлетворенности потребителей [2,3].

Вопросам построения структурных и функциональных моделей современных производственных систем посвящены работы [4-7] и др. Наиболее изученными математическими моделями продукции являются геометрическая модель и модель, создаваемая на основе анализа физических полей [8]. Основными средствами получения цифровых геометрических моделей изделия являются CAD-технологии и реверс-инжиниринг, а также их интеграция. Ключевой особенностью цифрового производства является то, что его модель должна предусматривать обработку не только геометрической информации и большого количества традиционных технических данных, но и функционировать на основе приобретения эмпирических знаний. Возникает задача преобразования в цифровую форму не только геометрических и физических параметров (скорость, мощность, температура, вибрации и т.д.), но экспертных знаний о производстве.

В сетевой среде способность оборудования обрабатывать цифровую информацию является важной производственной характеристикой. Цифровое производственное оборудование, включая станки с числовым программным управлением, сварочные аппараты, промышленные роботы и координатно-измерительные машины преобразуются из простых исполнительных элементов производства в интегрированные устройства обработки информации [9]. В сетевой среде эти устройства должны иметь функции управления движением, контроля рабочего состояния в условиях множественных ограничений, самоорганизации для обеспечения быстрого реагирования на требования рынка, а также для адаптации к инновациям.

В частности устройство современных металлорежущих станков предусматривает оперирование моделями:

- расчёта сложной траектории инструментов при высокой скорости и требуемой точности обработки, с одновременной проверкой помех и компенсацией ошибок;
- динамических процессов, происходящих в системах привода под влиянием температур, деформаций и других физических параметров;
- адаптации системы управления к изменениям технологических условий и др.

Согласно наиболее общему подходу модель цифрового производства основывается на его количественном описании и обеспечивает оптимальное функционирование и развитие производственного процесса и производственной системы посредством использования информации и знаний. Цифровизация при этом является основой и ядром информатизации системы, т.к. традиционные методы описания и анализа производственных процессов не в полной мере удовлетворяют решению проблемы. Системный подход позволяет органично интегрировать все основные компоненты теории цифровых производств. Посредством исследования производства, его планирования, проектирования, тестирования, виртуальной эксплуатации и управления мы можем определить механизмы и функции, соответствующие базовым его технологиям; и, таким образом, предоставить комплекс необходимых моделирующих инструментов для создания перспективных производственных процессов и производственных систем. Отдельные элементы новых производственных систем при этом могут не демонстрировать каких-либо существенных изменений, но новая производственная система в целом, как правило, подчинена действию синергетического эффекта.

В целом схему обрабатывающей системы в условиях цифрового производства можно представить следующим образом (рис. 1): система функционирует при воздействии контролируемых управляющих параметров X и параметров окружающей среды Q ; при этом отслеживаются значения наблюдаемых параметров Y ; в случае, если наблюдаемые параметры будут приближаться к своим предельно допустимым значениям, то искусственный интеллект принимает решение о корректирующих действиях в отношении тех параметров, которыми можно управлять для достижения требуемых целей.

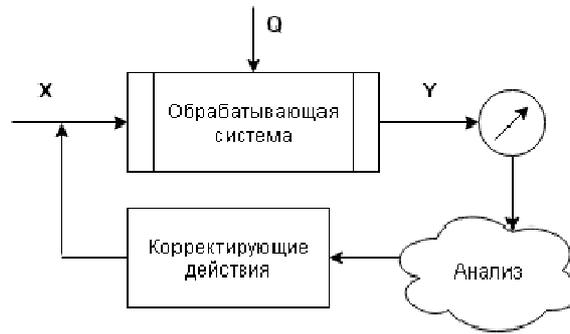


Рис. 1. Структурная модель производственной системы:
 X – управляемые параметры, Q – влияющие (неуправляемые) параметры производственной среды, Y – наблюдаемые параметры

Общая схема процедуры обработки производственной информации, осуществляемой интеллектуальной частью системы управления, представлена на рис. 2. Если управляющая производственная система получает сигналы от сенсоров и датчиков, то этот сигнал часто поступает уже в цифровом виде. Для простых аналоговых сигналов применяются соответственно простые методы их оцифровки (дискретизации).

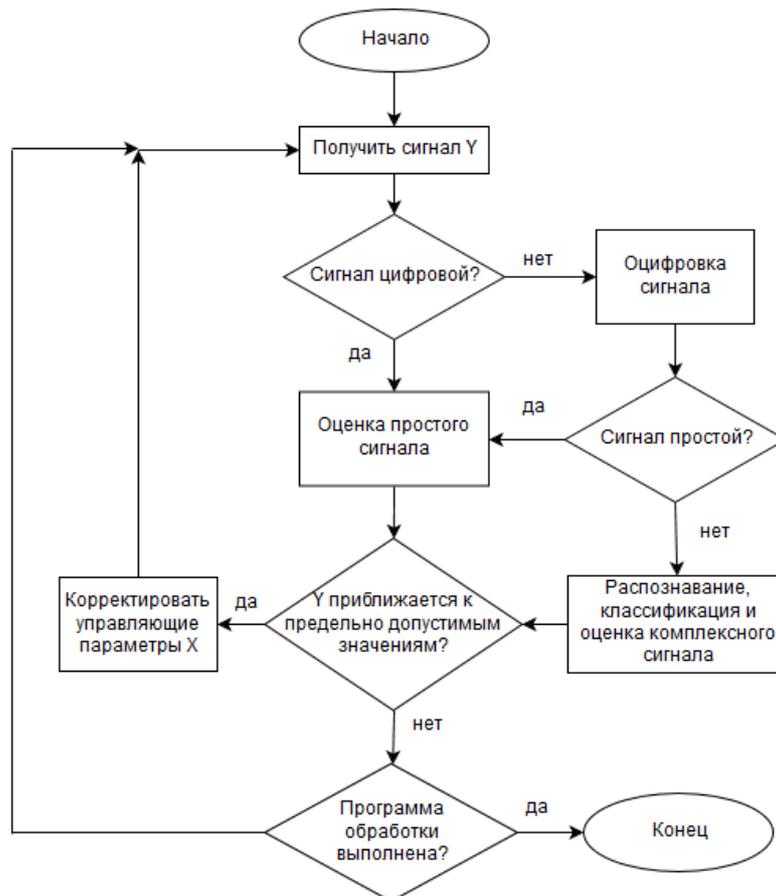


Рис. 2. Общая схема процедуры обработки производственной информации

Простые сигналы могут соответствовать конкретным значениям, которые принимают физические величины (сила, скорость, температура, напряжение, твёрдость поверхности и пр.). Эти сигналы способны обрабатывать традиционные системы раннего обнаружения и контроля (принцип активного контроля). Анализируя комбинации таких простых сигналов интеллектуальная часть системы вырабатывает ре-

шение о корректировке управляющих параметров или остановке программы обработки. Так как на операции механической обработки в общем случае могут влиять более 80 измеряемых параметров [10], то процесс принятия решения на основе обработки полученного массива информации может реализовываться достаточно сложным алгоритмом. Этот алгоритм может включать в себя модули обработки геометрической информации (геометрические математические модели), статистических данных, а также модули, использующие математические модели физических процессов, алгебро-логический и теоретико-множественный аппарат математики.

Однако часто анализа конечного набора значений измеряемых параметров для эффективного управления технологическим процессом оказывается недостаточно. Если мы имеем дело со сложным комплексным сигналом, например, несущим аудио-визуальную информацию или информацию о каких-либо качественных параметрах системы другого рода, то методы обработки такой информации будут определяться используемыми технологиями искусственного интеллекта. В частности, для распознавания, классификации и оценки таких данных задействуются искусственные нейронные сети, методы обработки фрактальных структур (если в анализируемой характеристике наблюдаются признаки самоподобия [11]).

Необходимо также отметить, что принцип оптимизации относится ко всем аспектам построения модели цифрового производства. Поскольку объектом науки о цифровом производстве является сама система производства в целом, целью исследования становится нахождение режимов её оптимального функционирования. Следовательно, задачами исследований могут служить как решение вопросов оптимизации различных локальных функций, так и вопросов глобальной оптимизации с целью оптимального управления цифровым оборудованием, оптимального использования производственных ресурсов и т.д. При решении задач оптимизации используются методы математического программирования, математической теории игр, теории оптимального управления.

Выводы:

1. Структура цифровой обрабатывающей системы предполагает наличие средств автоматизированного анализа производственной информации, в том числе традиционных простых оцифрованных сигналов и комплексных сигналов, которые необходимо распознать и классифицировать.
2. С задачами исследований в науке о цифровом производстве тесно связаны вопросы разработки математических моделей, позволяющих производить обработку простых и комплексных сигналов и принимать автоматизированным способом решения, касающиеся управления производственной системой.
3. Рассмотренная схема процедуры обработки цифровой производственной информации обобщает модели систем традиционного раннего обнаружения производственных отклонений и интеллектуальной обработки данных.

Список литературы:

1. Paritala, P. K., Manchikatla, S., Yarlagadda, P. Digital manufacturing: Applications past, current, and future trends. // *Procedia Engineering*. – 2017. – № 174, – pp. 982-991.
2. Zhou Z., Xie S., Chen D. *Fundamentals of digital manufacturing science*. – London: Springer-Verlag, 2012. – 366 p.
3. Григорьев С. Н., Кутин А. А., Долгов В. А. Принципы построения цифровых производств в машиностроении // *Вестник МГТУ Станкин*. – 2014. – № 4 (31). – С. 10-15.
4. Mourtzis D, Papakostas N, Mavrikios D, Makris S, Alexopoulos K. The role of simulation in digital manufacturing: applications and outlook. // *International journal of computer integrated manufacturing*. – 2015. – №28 (1), – pp. 3-24.
5. Черепашков А. А., Самойлов П. А. Моделирование и анализ эффективности динамических моделей комплексных автоматизированных систем машиностроительного производства // *Вестник современных технологий*. – 2018. – № 4 (12). – С. 38-43.
6. Огородникова О. М. Методы и инструменты цифрового машиностроения для компьютерного моделирования технологий и конструкций // *Научное обозрение*. – 2015. – № 10-1. – С. 209212.
7. Смирнов В. В. Математическое моделирование. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2017 – 177 с.
8. Смирнов В. В. Математическое моделирование в физике резания. // *Известия ТулГУ. Серия: Технологическая системотехника*, -2003. – №1, -С. 42-43.
9. Кабалдин Ю. Г., Шатагин Д. А., Кузьмишина А. М. Интеллектуальное управление технологическим оборудованием предприятия в условиях цифровых производств // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. – 2018. – № 7 (700). – С. 30-41.
10. Патрик де Вос. Информация как суть четвертой промышленной революции // *Машиностроитель: научно-технический журнал*. - 2016. - № 12. – С. 51-55.

11. Смирнов В. В., Спиридонов Ф. Ф. Фрактальные модели стохастических процессов // Южно-Сибирский научный вестник. 2013. № 1(3). – С. 99-102.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ОБЛАСТИ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.В. Маслов, к.т.н. асс., А.В. Чернышов, студ.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,

тел. 8(384-51)7-77-64, факс 8(384-51)7-77-67

E-mail: maslovav@tpu.ru

Аннотация: На протяжении долгого времени человечество следит за состоянием окружающей среды. Эта вынужденная необходимость возникла у человека после того, как он стал обеспечивать себе защиту от стихийных бедствий и эпидемий. Однако достижения научно-технического прогресса стали приводить к появлению новых опасностей, связанных с производством. Для того чтобы решить эту задачу промышленной сферы потребовались новые знания и методы управления ими. Опасности человека, которые подстерегают его в ходе выполнения трудовой деятельности, на сегодняшний день несут большую степень риска. Именно по данной причине государствами были разработаны определенные требования к организациям к безопасности труда. Цель данной работы состоит в установлении технологии применения управления знаниями в области управления техносферной безопасностью.

Abstract: For a long time mankind monitors the state of the environment. This is a necessary necessity for a person after he began to provide protection from natural disasters and epidemics. However, the achievements of scientific and technological progress have lead to the emergence of new hazards associated with the production. In order to solve this problem of the industrial sphere, new knowledge and methods of their management were required. The dangers of a person that lie in wait for him in the course of employment, today carry a greater degree of risk. It is for this reason that States have developed certain requirements for organizations to work safety. The purpose of this work is to establish the technology of application of knowledge management in the field of technosphere safety management.

Ключевые слова: управление знаниями, техносферная безопасность, управление, проблемы.

Keywords: knowledge management, technosphere safety, management, problems.

На современном этапе безопасность человека зачастую подвергается огромному риску. Применение управления знаниями в области техносферной безопасности позволяет в значительной степени сохранять здоровье человека, повышать уровень жизни, улучшать окружающую среду. Своевременная оценка риска, прогноз неблагоприятных воздействий, планирование различных видов деятельности, постоянный контроль способствуют снижению вероятности и своевременному обнаружению опасных ситуаций, что позволяет получить максимальный эффект при распределении ресурсов.

Управление знаниями при взаимодействии человека с техносферой формирует профессиональную культуру безопасности и определяет использование навыков в управлении различных сфер деятельности.

Техносферная безопасность представляет собой свойство объекта, выраженное в его способности противостоять техносферным опасностям [1].

По своей сути это возможность определенного объекта оказывать сопротивление техносферным опасностям.

Алгоритм управления техносферной безопасностью имеет несколько последовательных этапов:

- оценка риска. Например, получение результата количественного значения возникших последствий, заболеваемость, воздействие на природу и т.п.;
- анализ рисков. В данном аспекте речь идет о сравнительном анализе количественных величин рисков, которые могут возникнуть при разных значениях его проявления;
- управление риском. Это наиболее важный аспект в техносферной безопасности, так как он включает в себя практические действия по возможному уменьшению риска.

Рассмотрим наиболее детально основные методы управления техносферной безопасностью [4]:

- организационно-правовые методы. В задачи данных методов входит установление основных границ работы организации: структуру, особенности функционирования, организационно-правовую форму и т.д.;

- административные методы управления. Данный метод строится на теории беспрекословного подчинения работников работодателю. Этот метод находит свое применение в ситуации, когда не имеется альтернатив действовать по иному пути;
- экономические методы управления. Они ассоциируются на материальном довольствии работников. То есть, работники мотивируются тем, что получают вознаграждение за свой труд. При рассмотрении данного метода управления совместно с административными методами управления техносферной безопасностью появляется возможность при помощи жестких рамок и заинтересованностью направить работников на эффективность своей деятельности;
- социально-экономические методы. Они имеют более конкретное воздействие, чем административно-экономические и направлены на удовлетворение потребностей работников;
- социально-экономические эндогенные методы. Они заключаются в создании более благоприятной обстановки в рабочем коллективе.

Основными способами управления знаниями в безопасности техносферы служат снижение риска антропогенного воздействия на природу и обеспечение безопасности личности и общества, создание среды для формирования компьютерной компетенции специалистов, в разработке новейших технологий, усовершенствование уровня готовности принятия решений для минимизации неблагоприятных экологических ситуаций.

Основополагающими структурами управления знаниями на государственном уровне в области техносферной безопасности являются федеральные службы и федеральные агентства, а именно ФС РОСТЕХНАДЗОР, ФС РОСТРУД, ФА РОССТАНДАРТ, ФС РОСПРИРОДНАДЗОР, ФС РОСПОТРЕБНАДЗОР, а также социальные фонды Российской Федерации, такие как федеральный фонд обязательного медицинского страхования и фонд социального страхования [6]. Политика государства в области безопасности труда в основном направлена на ограждение граждан от производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, обеспечение работников правом на безопасный труд, планирование мер по охране труда и обязательное финансирование на всех уровнях управления, разработку правил безопасности, санитарных и строительных норм, государственных стандартов с практической реализацией [2].

Главными целями государственной системы безопасности труда являются совершенствование политики государства в области безопасности труда, создание безопасных условий труда, создание правопорядка в сфере защиты интересов работников, которые получили травму на производстве или профессиональное заболевание, а также обеспечение взаимодействия между субъектами социально-трудовых отношений в решении вопросов безопасности трудовой деятельности.

Технологии управления техносферной безопасностью включают в себя организацию управления безопасностью на производстве. Безопасность сотрудников обеспечивается, в первую очередь, проектированием и созданием технических решений. Система защиты обязана обеспечивать предотвращение воздействий на граждан вредных производственных факторов выше их допустимых значений. Технологии управления техносферой направлены на создание максимальной системы защиты людей от всех опасных производственных факторов и на построение методов безопасности производственной сферы [7].

В процессе управления техносферной безопасностью происходит организация и функционирование информационных взаимодействий между субъектом управления и объектом. Благодаря информационным и управленческим связям в системе управления происходит отражение нормативной информации с составлением перечня нормативно-правовых актов конкретного предприятия, оценка условий труда, оценка рисков, производится анализ информации [3].

Применение принципов и функций управления знаниями реализуется посредством функций управления. К основным функциям управления знаниями по охране труда являются функции анализа и оценки, учета, контроля, планирования, прогноза, координации и регулирования.

Технологии управления знаниями в области техносферной безопасности определяют методы и средства, которые используются в целях обеспечения техносферной безопасности на определенном объекте. При этом большая часть управляемых компонентов может быть изменена только в тех пределах, в которых она была установлена. Она имеет зависимость от степени состояния объекта, мощности, технологии защиты и т.д. Однако имеются параметры, которые невозможно регламентировать. К ним относятся социально-экономические, природные, факторы продолжительности жизни, состояние здоровья и т.д. Основной целью применения технологий управления знаниями в области

техносферной безопасности служит защита здоровья работника и разработка системы управления профессиональными рисками [5].

Таким образом, технологии управления знаниями в области техносферной безопасности на современном этапе служат необходимым инструментом разработки средств и методов достижения безопасности в данной сфере. Они являются тем элементом, без которого сложно представить современное развитие техносферной безопасности.

Список литературы:

1. Воронов А.И., Бас В.И. Производственные конфликты - угроза техносферной безопасности // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2017, Т.2. с.640-642.
2. Ковалева А. А., Мухина А. О., Вильч Н. В. Компетентностный подход как условие повышения качества подготовки специалистов в области техносферной безопасности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2010, №4. с.760-764.
3. Краснослободцева А. Е. Проблемы процесса управления в техносферной безопасности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012, №13. с.748-753.
4. Лустгартен Т. Ю. Формирование специалиста по техносферной безопасности // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика, 2017, №4. с.120-124.
5. Пашкевич Н. А., Бесперстов Д. А., Зубарева В.А. и др. Анализ состояния техносферной безопасности в России // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, 2013, №1. с.161-164.
6. Поболь О. Н., Фирсов Г. И. Техносфера, ноосфера и экологические проблемы современных техногенных систем// Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2013, №3. с. 1073-1076.
7. Старов В. Н., Шуткин А. Н. Проблемы безопасности техносферы и техногенного риска опасных объектов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России, 2013, Вып.1. с.14-17.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ГТД

В.Ф. Макаров, д. т. н., проф., В.С. Белобородов.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева 15, тел. (342) 2-198-470

E-mail: beloborodovvova@mail.ru

Аннотация: статья посвящена проблеме повышения прочностных характеристик авиационных двигателей, а именно дисков турбины высокого давления. В работе указан ряд причин, приводящих к разрушению дисков авиационных двигателей. Приведены основные способы увеличения прочностных характеристик деталей. По ряду причин основное внимание уделено дробеструйной обработке поверхности.

Abstract: the article is devoted to the problem of increasing the strength characteristics of aircraft engines, namely, high-pressure turbine disks. A number of reasons are given in this paper that lead to the destruction of aircraft engine disks. The main ways to increase the strength characteristics of parts are given. The focus is on shot blasting.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, диск, надежность, долговечность, поверхностное пластическое деформирование, упрочняющая обработка, дробеструйная обработка.

Keywords: gas turbine engine, disk, reliability, durability, surface plastic deformation, hardening treatment, shot blasting.

Детали газотурбинных двигателей (ГТД), например, диски турбины высокого давления в процессе своей работы подвергаются повышенным температурным и знакопеременным нагрузкам. Одной из причин таких нагрузок являются большие частоты вращения узлов и деталей двигателя.

Наиболее распространенными дефектами поверхностного слоя дисков турбин являются: «рябизна» поверхности; локальное растрескивание поверхности; сочетание растрескиваний и «рябизны»; трещины.

Помимо тяжелых условий эксплуатации диски ротора имеют поверхности сложной изменяющейся конфигурации. Следствием данной особенности рассматриваемых деталей является существенное ограничение выбора методов упрочнения их поверхности.

Таким образом, проблема повышения надежности и долговечности дисков ротора двигателя является актуальной. Цель проводимых исследований состоит в разработке методики повышения прочностных характеристик дисков турбины.

В работах [1, 2] проведен анализ возможных причин образования усталостных трещин и возможного разрушения деталей газотурбинного двигателя. В результате него выявлено, что факторы, приводящие к разрушению деталей ГТД можно разделить на 3 основные группы, представленные на рисунке 1. сохранение геометрических размеров обрабатываемой детали и устойчивости формы.



Рис. 1. Основные факторы, приводящие к разрушению деталей ГТД

В целях предотвращения появлений дефектов подобного рода на вновь изготавливаемых деталях также возможны различные подходы, включающие в себя как изменение конструкции, так и корректировку технологического процесса изготовления деталей.

На рисунке 2 представлены разнообразные методы повышения прочностных характеристик поверхностного слоя деталей ГТД путем изменения технологии их изготовления.

Рассмотрим подробнее несколько методов. В работе [3] автором рассмотрен ряд новых методов повышения долговечности цилиндрических деталей, основанных на поверхностном пластическом деформировании (ППД). Среди них можно выделить:

- охватывающее поверхностное пластическое деформирование;
- поверхностное пластическое деформирование с использованием центробежного обкатника;
- ППД поперечной обкаткой плоскими плитками.

Охватывающее поверхностное пластическое деформирование, например, обладает высокой производительностью процесса обработки и обеспечивает высокий уровень шероховатости обработанной поверхности.

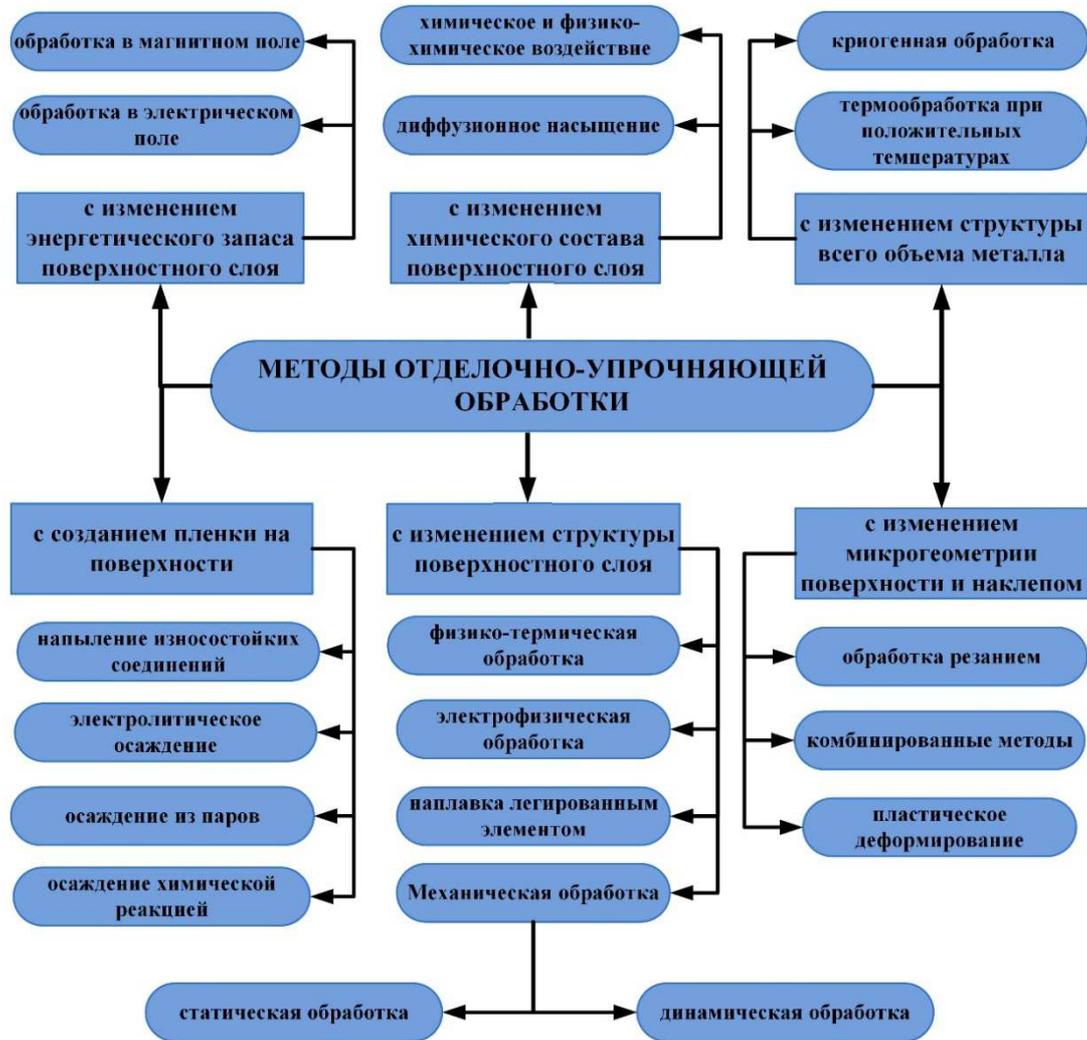


Рис. 2. Некоторые способы упрочнения поверхности

В работе [4] автор описывает метод сочетающий ультразвуковое воздействие и химико-термическую обработку. Данный метод позволяет повысить твердость поверхностного слоя обрабатываемых деталей до 2 раз.

В работах [5, 6] авторы описывают обработку деталей смесью шариков и микрошариков с подогревом обрабатываемых поверхностей. Согласно практическим исследованиям. Описанным в работах, упрочнение смесью шариков и микрошариков повышает усталостную прочность деталей. Подогрев упрочняемых деталей усиливает эффект упрочнения.

В работе [7] авторы рассматривают методы ионно-имплантационного и вакуумно-плазменного модифицирования поверхности. Метод ионной имплантации ионами азота приводит к улучшению шероховатости поверхностного слоя, а также к увеличению микротвердости поверхности.

Из большого числа различных упрочняющих методов, представленных на рисунке 2, наибольшее распространение получили динамические методы поверхностного пластического деформирования. Общим для данных методов является формирование сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое, которые повышают эксплуатационные характеристики деталей.

Среди методов ППД для исследований выбрана дробеструйная обработка. Согласно [1, 8, 9] дробеструйная обработка является поверхностным деформированием за счет ударов дроби по обрабатываемой поверхности. Метод обладает рядом преимуществ:

- сохраняет геометрические размеры;
- сохраняет требуемую шероховатость поверхностей;

- обеспечивает обработку в труднодоступных местах;
- обеспечивает высокую производительность процесса обработки.

Реализация рассмотренного способа упрочнения требует создания математической модели процесса дробеструйной обработки, разработки специальной методики упрочнения и проведения прочностных испытаний, что является следующими этапами проводимых исследований.

Список литературы:

1. Макаров В. Ф., Горбунов А. С. Исследование влияния технологической наследственности при обработке зубьев шестерен на качество поверхностного слоя и усталостную прочность // Труды международного симпозиума надежность и качество. – 2013. – т.2. – С. 158-161.
2. Кочерова Е. Е. Сравнительный анализ методик оценки малоциклового усталости деталей газотурбинного двигателя на примере дефлектора диска турбины высокого давления // Вестник самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2018. – т. 17. - №1. – С. 61-71.
3. Зайдес С. А. Новые способы поверхностного пластического деформирования цилиндрических деталей машин малой жесткости // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2018. - №8 (86). – С. 16-24.
4. Нигметзянов Р. И., Морщилов М. В., Перекрестова В. А., Сергеев И. Д., Сухов А. В. Установка химико-термической обработки и ультразвукового воздействия для упрочнения поверхностного слоя стальных изделий // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2018. - №7 (85). – С. 17-22.
5. Круцило В. Г., Ситкина Л. П. Упрочнение образцов из титановых сплавов смесью шариков и микрошариков с подогревом // Вестник саратовского государственного технического университета. – 2014. – т.3. - №1 (76). – С. 71-74.
6. Коняев Д. А., Круцило В. Г. Повышение усталостной прочности титановых сплавов при упрочнении смесью шариков и микрошариков // Техника и технологии машиностроения: материалы V Междунар. студ. науч.-практ. конф. (Омск, 4–10 апр. 2016 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ; [редкол.: Е. Н. Еремин (отв. ред.) и др.]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. – С. 174-176.
7. Смыслов А. М., Смыслова М. К., Мухин В. С. Ионно-имплантационное и вакуумно-плазменное модифицирование поверхности лопаток компрессора ГТД // Вестник рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – 2017. - №1 (40). – С. 133-138.
8. Макаров В. Ф., Горбунов А. С. Повышение качества и надежности зубьев спирально-конических шестерен технологическими методами // Вестник уфимского государственного авиационного технического университета. – 2012. – т.16. - №4 (49). – С. 8-12.

ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Г.В. Редреев, канд. техн. наук, доцент, П.В. Кийко, канд. пед. наук, доцент,

Е.В. Демчук, канд. техн. доцент,

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

644008, г. Омск, Институтская пл., 1,

тел. (3812)-651172. E-mail: weerwg@mail.ru

Аннотация: для сельскохозяйственного производства это особенно важно, так как полевые операции весьма чувствительны к времени как по моменту их начала, так и по продолжительности. На основе существующих методологических подходов к системному представлению объектов действительности нами разработана информационная система производственного процесса в растениеводстве. Формализация взаимосвязей элементов информационной системы позволила получить десять уравнений с пятнадцатью неизвестными. Для решения такой системы уравнений представлена совокупность одновременных линейных уравнений.

Abstract: this is particularly important for agricultural production, as field operations are highly time-sensitive, both in terms of start-up and duration. On the basis of existing methodological approaches to the system representation of objects of reality, we have developed an information system of the production process in crop production. The formalization of the relationships between elements of the information system allowed us to obtain ten equations with fifteen unknowns. To solve this system of equations, a set of simultaneous linear equations is presented.

Ключевые слова: информация, производственные процессы, информационная система, управление.

Keywords: information, production processes, information system, management.

Введение

Эффективность любого производственного процесса зависит от своевременности поступления обращающейся при этом информации и качественного ее состава [1-3]. Вместе с этим кроме оперативной информации, необходимой для текущей коррекции полевых операций, необходимы знания, аккумулированные при реализации производственных процессов в предыдущие годы. При современном уровне развития информационных технологий положительный эффект от применения накопленного ранее знания может быть весьма существенным.

Результаты

Нами на основе концептуального проекта системы технического сервиса, с учетом методологических рекомендаций [4], разработана информационная система, адекватно описывающая производственные процессы [5 – 6]. Для отрасли растениеводства информационная система производственного процесса представлена на Рисунке 1:

Элементами системы являются: – объем знаний специалистов по возделыванию сельскохозяйственных культур, обозначаемый далее «Специалисты (S)»; информация о составе технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обозначаемая далее «Технологии (T)»; информация об обрабатываемых при реализации производственных процессов объектах сельского хозяйства - почве, семенах, растениях, урожае, обозначаемая далее «Объекты (O)»; зафиксированные в любом (бумажном, электронном) виде пополняемые специальные знания, обозначаемые далее «Знания (Z)»; знания о целях, достигаемых при реализации производственных процессов, обозначаемые далее «Цели (C)».

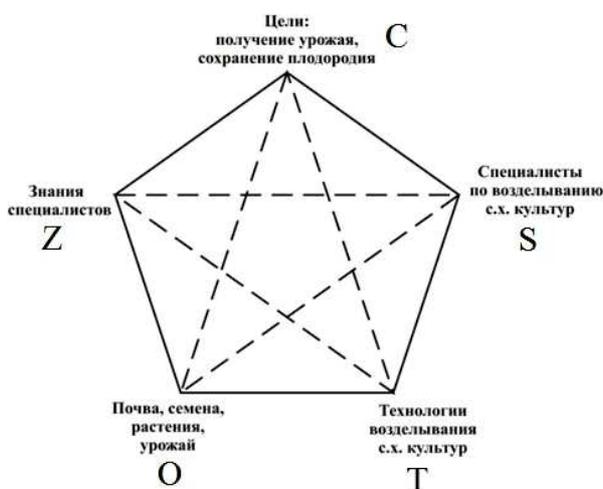


Рис. 1. Информационная система производственного процесса в растениеводстве

Рассмотрим взаимосвязи между элементами информационной системы, принимая во внимание, что основным элементом системы являются «Специалисты (S)». Формализация этих отношений может быть выражена совокупностью (1) зависимостей:

$$\begin{cases} T = f_1(S) \\ O = f_2(T) \\ Z = f_3(O) \\ C = f_4(Z) \\ S = f_5(C) \end{cases} \quad (1)$$

В свою очередь:

1. Специалисты (S) ограничивают, какие будут выбраны объекты (O) воздействия.
2. Объекты (O), изменяясь, ограничивают достижение целей (C).

3. Цели (C) ограничивают выбор технологий (T).
4. Технологии (T) достаточно односторонне пополняют знания (Z).
5. Знания (Z) ориентируют специалистов (S) в каком-то определенном направлении.

$$\begin{cases} O = \varphi_1(S) \\ C = \varphi_2(O) \\ T = \varphi_3(C) \\ Z = \varphi_4(T) \\ S = \varphi_5(Z) \end{cases} \quad (2)$$

Зависимости обеих совокупностей являются математической моделью информационной системы производственного процесса в растениеводстве.

Зависимости типа f_i , выделенные на Рисунке 1 сплошными линиями, представим в виде следующей системы одновременных уравнений:

$$\begin{cases} T = a_1 + b_1 \cdot S \\ O = a_2 + b_2 \cdot T \\ Z = a_3 + b_3 \cdot O \\ C = a_4 + b_4 \cdot Z \\ S = a_5 + b_5 \cdot C \end{cases} \quad (3)$$

А зависимости типа φ_i , выделенные на Рисунке 1 пунктирными линиями, опишем следующей системой одновременных уравнений:

$$\begin{cases} O_t = \alpha_1 + \beta_1 \cdot S_t + \gamma_1 \cdot T_t \\ C_t = \alpha_2 + \beta_2 \cdot O_t + \gamma_2 \cdot Z_t + \gamma_2' \cdot Z_{t+1} \\ T_t = \alpha_3 + \beta_3 \cdot C_t + \gamma_3 \cdot S_t \\ Z_t = \alpha_4 + \beta_4 \cdot T_t + \gamma_4 \cdot O_t \\ S_t = \alpha_5 + \beta_5 \cdot Z_t + \beta_5' \cdot Z_{t-1} + \gamma_5 \cdot C_t \end{cases} \quad (4)$$

Каждая система состоит только из эндогенных (зависимых) переменных. Специалисты по методологии и теории науки указывают на закольцованность связей в системах. Другими словами, мы получаем систему, состоящую из тождеств.

Для нашего случая: (-S-T-O-Z-C-) и т.д., (-S-O-C-T-Z-) и т.д.

Вместо экзогенных переменных в некоторых моделях могут использоваться лаговые переменные, то есть, эндогенные переменные, полученные в предыдущий период. Таким образом, цели могут зависеть не только от знаний (Z_t), имеющихся на данный момент времени, но и от знаний предыдущих лет (старый опыт) (Z_{t-1}), а также могут быть предопределены знаниями (Z_{t+1}), которые будут получены позже. Рационально в качестве экзогенных переменных выбирать такие переменные, которые поддаются регулированию. Теперь, следуя предлагаемому проекту информационной системы, проинтерпретируя каждое уравнение системы с различных точек пентаграммы, можно получить решение всей системы [7 – 8].

Выбрав технологии в качестве экзогенной (независимой) переменной мы разрываем кольцо взаимосвязей элементов системы и получаем систему одновременных уравнений, в которой в первом уравнении специалисты ограничивают объекты и влияют на технологии. Во втором уравнении объекты ограничивают цели и влияют на знания, которые имеются в данный момент времени (Z_t), и на знания, которые только будут получены (Z_{t+1}). В третьем уравнении цели ограничивают технологии и влияют на специалистов, в четвертом уравнении технологии ограничивают знания и влияют на объекты. И в последнем уравнении видим, что знания предыдущих лет (старый опыт) (Z_{t-1}), а также настоящие знания ограничивают специалистов и влияют на цели. Теперь исследуем нашу систему на идентификацию, чтобы определить метод, с помощью которого можно решить данную систему. Идентифицируемость – это единственность соответствия между приведенной и структурной формами модели [7, 9].

С позиции идентифицируемости структурные модели можно подразделить на три вида: идентифицируемые, неидентифицируемые, сверхидентифицируемые.

По необходимому условию идентифицируемости получаем:

Эндогенные переменные – O_t, C_t, Z_t, S_t ;

Экзогенные переменные – T_t, Z_{t-1}, Z_{t+1} .

Первое уравнение: $O_t = \alpha_1 + \beta_1 \cdot S_t + \gamma_1 \cdot T_t$

$H = 2 (O_t, S_t)D = 2 (Z_{t-1}, Z_{t+1})$ получаем $2 + 1 > 2$; уравнение сверхидентифицируемо.

Второе уравнение: $C_t = \alpha_2 + \beta_2 \cdot O_t + \gamma_2 \cdot Z_t + \gamma_2' \cdot Z_{t+1}$

$H = 3 (C_t, O_t, Z_t)D = 2 (T_t, Z_{t-1})$ получаем $2 + 1 = 3$; уравнение точноидентифицируемо.

Третье уравнение: $T_t = \alpha_3 + \beta_3 \cdot C_t + \gamma_3 \cdot S_t$

$H = 2 (C_t, S_t)D = 2 (Z_{t-1}, Z_{t+1})$ получаем $2 + 1 > 2$; уравнение сверхидентифицируемо.

Четвертое уравнение: $Z_t = \alpha_4 + \beta_4 \cdot T_t + \gamma_4 \cdot O_t$

$H = 2 (Z_t, O_t)D = 2 (Z_{t-1}, Z_{t+1})$ получаем $2 + 1 > 2$; уравнение сверхидентифицируемо.

Пятое уравнение: $S_t = \alpha_5 + \beta_5 \cdot Z_t + \beta_5' \cdot Z_{t-1} + \gamma_5 \cdot C_t$

$H = 3 (S_t, Z_t, C_t)D = 2 (T_t, Z_{t+1})$ получаем $2 + 1 = 3$; уравнение точноидентифицируемо.

Так как кроме точноидентифицируемых уравнений мы имеем еще и сверхидентифицируемые, то вся модель будет сверхидентифицируема. Следовательно, можно решить нашу систему двухшаговым методом наименьших квадратов [7, 9 – 11].

Нами таким образом рассмотрен только случай, когда лаговые переменные влияют на эндогенные переменные, а так как кольцо можно «разорвать в любом месте», то в качестве экзогенной переменной можно выбрать любой элемент системы, тем самым, можно получить пять независимых друг от друга моделей, которые легко поддаются аналитическому и эмпирическому решению с помощью пакетов прикладных программ, например, «STATISTICA», «EViews», MS Excel [12-14].

Используя экономические термины и математические модели, видим, что прямые методы позволяют определить показатель эффективности W при выборе одного из оставшихся четырех вышеперечисленных базисных концептов, а обратные методы позволяют уточнить или дополнить концепты той информацией, при которой показатель эффективности W будет принимать свое экстремальное (минимальное или максимальное) значение [3,4]. Нужно не забывать, что стохастические методы используются только в условиях повторяющихся ситуаций. При неслучайной неопределенности некоторую помощь могут оказать адаптивные модели [3,5].

Рассмотрев детерминантные и недетерминантные методы принятия решений, остановимся на линейной функции обратных детерминантных методов. Для получения максимального урожая при наличии специалистов, технологий, объектов и знаний составим математическую модель:

Таблица 1

Модель максимизации результата

	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	
Специалисты	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	b_1
Технологии	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	b_2
Объекты	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	b_3
Знания	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	b_4
Получение урожая	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	max

$$\begin{cases} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 + a_{14} \cdot x_4 + a_{15} \cdot x_5 \leq b_1 \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 + a_{24} \cdot x_4 + a_{25} \cdot x_5 \leq b_2 \\ a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 + a_{34} \cdot x_4 + a_{35} \cdot x_5 \leq b_3 \\ a_{41} \cdot x_1 + a_{42} \cdot x_2 + a_{43} \cdot x_3 + a_{44} \cdot x_4 + a_{45} \cdot x_5 \leq b_4 \end{cases}$$

$$f(x) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \rightarrow max$$

Можно рассмотреть пример минимизации использования объектов при росте знаний, целей, специалистов и технологий.

Модель минимизации ресурсов

	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Продукт 5	
Знания	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	b_1
Цели	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	b_2
Специалисты	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	b_3
Технологии	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	b_4
Использование объектов	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	min

$$\begin{cases} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 + a_{14} \cdot x_4 + a_{15} \cdot x_5 \geq b_1 \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 + a_{24} \cdot x_4 + a_{25} \cdot x_5 \geq b_2 \\ a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 + a_{34} \cdot x_4 + a_{35} \cdot x_5 \geq b_3 \\ a_{41} \cdot x_1 + a_{42} \cdot x_2 + a_{43} \cdot x_3 + a_{44} \cdot x_4 + a_{45} \cdot x_5 \geq b_4 \end{cases}$$

$$f(x) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + c_4 \cdot x_4 + c_5 \cdot x_5 \rightarrow \min$$

Данные задачи легко решить при помощи встроенной функции «Поиск решения» табличного процессора MS Excel [14].

Выводы

Применение информационных технологий в управлении не всегда эффективно из-за неразвитости теоретических представлений об информационных процессах, происходящих в производственных системах. Разработанная нами информационная система, а также один из возможных вариантов формализации взаимосвязей элементов информационной системы, делают возможным применение информационных технологий при управлении производственными процессами в сельскохозяйственном производстве. Хотя основным элементом информационной системы являются «Специалисты (S)», значительные потенциальные возможности повышения эффективности производственных процессов содержатся в развитии элемента системы «Знания (Z)». При постоянном увеличении объемов знаний потребует разрешения проблема структурирования этого объема и развития приемов их преобразования и предоставления «Специалистам (S)».

Список литературы:

1. Корнеев И.К., Машурцев В.А. Информационные технологии в управлении. – М.: Инфра-М, 2001. – 158 с.
2. Алехина Г.В. Информационные технологии в экономике и управлении. – М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2004. – 236 с.
3. Титоренко Г.А. (ред.) Информационные технологии управления / Под ред. проф. Г. А. Титоренко. – 2-е изд., доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 439 с.
4. Разумов, В.И. Категориально-системная методология подготовки ученых: Учебное пособие/ Вст. ст. А.Г.Теслинова / В.И.Разумов. – Омск, Омск гос. ун-т, 2004. – 277 с.
5. Редреев, Г.В. Обеспечение работоспособности техники при реализации поточных процессов в земледелии / Г.А. Окунев, Г.В. Редреев / Вестник ОмГАУ, №2(30) – Омск, 2018.– С.125-132.
6. Redreev, GV Information System of Machines and Tractors Fleet Technical Service. /GV Redreev, A.A Luchinovich, E I Ustiyantsev and A S Laskin//. IOP Conference Series: Journal of Physics, Volume 1059, conference 1 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1059/1/0120033-1>.
7. Teaching methodology of econometric modeling with the help of interactive teaching methods Kiyko P.V., Shchukina N.V. International Journal of Economic Research. 2017. Т. 14. № 7. P. 59-75.
8. Кийко П.В., Щукина Н.В. Инновационные аспекты изучения эконометрики -<http://e-journal.omgau.ru/> Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ, 2016, № 4 (7)
9. Кийко П.В. Математическое моделирование как системообразующий фактор в реализации межпредметных связей математики и спецдисциплин в обучении будущих экономистов: монография / П.В. Кийко: М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Ом. гос. аграр. ун-т. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. – 116 с.
10. Мещерякова Н.А. Математические модели физических явлений и обучение студентов технического вуза их построению. Автореферат дисс. ... канд. пед. наук. Ленинград. – 1974.– 178 с.
11. Бурмистрова, Н.А. Компьютерные технологии в процессе профессионально направленного обучения математике будущих бакалавров направления «Экономика» / Н.А. Бурмистрова, Н.И. Ильина // Бюллетень лаборатории математического, естественнонаучного образования и информатизации: рецензируемый сборник научных трудов. – М., ГБОУ ВПО МГПУ, Воронеж: «Научная книга», 2012. – Т.3. – С. 99–102.

12. <http://statsoft.ru/products/>
 13. <http://www.eviews.com/home.html>
 14. <https://www.microsoft.com/ru-ru/>

УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ НА АУТСОРСИНГ

А.В. Шимохин, канд. экон. наук, Г.В. Редреев, канд. техн. наук, доцент,

В.М. Помогаев, канд. экон. наук, доцент,

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина
 644008, г. Омск, Институтская пл., 1, тел. (3812)-651172. E-mail: weerwg@mail.ru*

Аннотация: в современных условиях, когда оборудование отечественных промышленных предприятий существенно изношено, становится актуальным использование аутсорсинга ремонта как способа повышения надежности оборудования за счет обеспечения качества ремонта. Представлен алгоритм принятия решения о аутсорсинге ремонта оборудования. Рассмотрена распространённая структура ремонтной службы промышленных предприятий и предложена ее реорганизация в условиях применения аутсорсинга ремонта. Предложены критерии и способ их расчета.

Abstract: in modern conditions, when the equipment of domestic industrial enterprises is significantly worn out, it becomes important to use outsourcing repairs as a way to improve the reliability of equipment by ensuring the quality of repair. The algorithm of decision-making on outsourcing of repair of the equipment. The widespread structure of repair service of the industrial enterprises is considered and its reorganization in the conditions of repair outsourcing application is offered. The criteria and method of their calculation.

Ключевые слова: оборудование, надежность, качество ремонта, поставщик услуг, ремонтная служба.

Keywords: equipment, reliability, quality of repair, service providers, repair service.

1. Введение

В условиях большего износа оборудования большинства отечественных промышленных предприятиях одним из способов повышения безотказности оборудования за счет обеспечения качества ремонта может быть аутсорсинг. Вместе с тем многие специалисты обращают внимание на целесообразность развития собственной ремонтной службы предприятия, отмечая присущие ей сильные стороны: экономичность, контролируемость, знание особенностей эксплуатации своего оборудования [1].

Развитие собственных ремонтных служб, отделов может быть связано с понятием инсорсинга. Понятие инсорсинга рассматривается по-разному [2]. Инсорсинг - это расширение деятельности подразделения для дополнительной загрузки имеющихся мощностей или активов. Инсорсинг также может быть связан с передачей проекта работнику либо отделу предприятия вместо того чтобы передать его внешнему исполнителю [3–5].

Механизмы принятия решения о аутсорсинге включают следующие подходы. По экономической эффективности используется однокритериальный подход [2]:

$$\mathcal{E}_{\text{аут}} = \frac{I_{\text{да}} - I_{\text{па}}}{B} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{аут}}$ – экономическая эффективность аутсорсинга, %;

$I_{\text{да}}$ – издержки предприятия при внутреннем выполнении функции до применения аутсорсинга, в денежных единицах (ден. ед.);

$I_{\text{па}}$ – издержки предприятия после внедрения аутсорсинга, в ден. ед.;

B – выручка предприятия, в ден. ед..

Автор И.Л. Рудая [6] отмечает недостаток такого подхода в том, что, что эффект аутсорсинга рассчитывается от изменений выручки, которая может быть не связана с применением аутсорсинга.

Многокритериальные подходы в целом можно выразить в следующем виде [2]:

$$E = \sum_{i=1}^n W_i (KA_i - KB_i), \quad (2)$$

где E – эффект от аутсорсинга;

n – число критериев;

W_i – вес i -го критерия в общей оценке;

KA_i – значение i -го критерия после перехода на аутсорсинг;

KBi – значение i -го критерия до перехода на аутсорсинг.

Недостатки такого подхода могут быть связаны с тем, что ухудшение одних критериев может быть компенсировано за счет улучшения значений других. В результате окончательное значение может указывать на положительный эффект, хотя значения наиболее важных критериев будут хуже.

При аутсорсинге ремонта, кроме экономии за счет снижения затрат на процесс ремонта оборудования, также необходимо учитывать эффективность использования оборудования.

2. Результаты

Оценка критериев эффективности аутсорсинга ремонта должна осуществляться постоянно. Анализ литературы [7–9] показал, что качество услуг по ремонту оборудования может определяться такими параметрами как:

- время ремонта;
- количество отказов;
- количество дефектов, уменьшающих производительность оборудования.

При этом все три параметра должны стремиться к минимуму. Для минимизации факторов, которые оказывают негативное влияние на применение аутсорсинга ремонта, следует также ввести новые функции в деятельность ремонтной службы предприятия – совместное с поставщиком услуг составление план-графика ремонта, анализ статистической информации, анализ параметров качества услуг.

В качестве критерия, отражающего качество ремонта можно принять параметр доступности [2], который отражает все потери на остановки (D), включающие в себя любые внеплановые остановки: отказы оборудования, остановки из-за дефицита сырья или отсутствия места для складирования. Для анализа качества ремонта будем учитывать только остановки из-за отказа оборудования. Рассмотрим показатель – планируемое производственное время:

$$PPT = POT - PSD \quad (3)$$

где PPT – планируемое производственное время;

POT – общее время работы предприятия;

PSD – время плановых остановок оборудование на проведение плановых ремонтов и технического обслуживания.

После расчет планируемого производственного времени можно определить фактическое операционное время за прошедший период:

$$OT = PPT - D \quad (4)$$

где OT – определить фактические потери времени работы предприятия на остановки,

D – время остановок оборудования из за отказов.

Расчёт критерия доступности производится по следующей зависимости:

$$A = \frac{OT}{PPT}, \quad (5)$$

где A – критерий доступности оборудования.

Таким образом, оборудование возможно классифицировать по критерию доступности, используя принцип Парето, то есть для дальнейшего анализа выбрать 20% оборудования с наименьшими показателями критерия доступности. Для выбранного оборудования необходимо рассмотреть вопрос передачи его ремонта на аутсорсинг. Первым шагом отбирается оборудование, которое используется в основном производстве, то есть непосредственно на изготовлении продукции. Далее необходимо провести анализ причин отказов, и оставить на рассмотрении вопроса о передаче ремонта на аутсорсинг то оборудование, в котором причинами отказов являлся некачественный ремонт.

Затем для каждого ремонта выбранного оборудования рассматривается возможность передачи на аутсорсинг, для этого оценивается возможность выполнения ремонта на базе организации. Но при этом необходимо учесть, что выполнение качественного ремонта на базе организации возможно при наличии компетентного персонала и оборудования для получения качественного результата ремонта. При отсутствии оборудования выполняется сравнение затрат на выполнение ремонта, осуществляемого организацией с учетом стоимости приобретения оборудования и услуг фирмы – аутсорсера.

Если закупка нового оборудования обходится предприятию дороже на определенный период, чем услуги аутсорсера, то эффективность передачи процесса на аутсорсинг очевидна. Если предприятие для проведения ремонта не имеет персонала нужных компетенций, то передачи процесса на аутсорсинг также может быть эффективным решением.

Если решение об аутсорсинге принято, то расчет затрат на ремонт оборудования на основе использования аутсорсинга рассчитывается по формуле:

$$C_p = a + b + p \quad (6)$$

где C_p – затраты, связанные с ремонтом оборудования в условиях аутсорсинга, в ден. ед.;
 a – затраты, связанные с заработной платой работников ремонтной службы, в условиях аутсорсинга, в ден. ед.;

b – затраты, на материалы, необходимые ремонтной службе для выполнения ремонта, в условиях аутсорсинга, в ден. ед.;

p – затраты, на услуги фирмы – аутсорсера, в ден. ед.

Расчет затрат на ремонт оборудования на основе инсорсинга рассчитывается по формуле:

$$C_{p'} = a' + b' + d \quad (7)$$

где $C_{p'}$ – затраты, связанные с ремонтом оборудования в условиях инсорсинга, в ден. ед.;
 a' – затраты, связанные с заработной платой работников ремонтной службы, в ден. ед.;
 b' – затраты на материалы, необходимые ремонтной службе для выполнения ремонта, в денежных единицах;

d – амортизация оборудования, в ден. ед.:

$$d = \sum_{n=1}^w C_n, \quad (8)$$

где C_n – величина амортизационных отчислений для n -го оборудования, в ден. ед.;

w – количество закупаемого оборудование.

Принятие решения об аутсорсинге происходит при выполнении следующего условия:

$$C_{p'} > C_p \quad (9)$$

После принятия решения о аутсорсинге ремонта и выбора процесса ремонта, который передается на аутсорсинг, следующим актуальным вопросом становится выбор поставщика услуг.

Для этого необходимо ответить на следующие вопросы:

Осуществляет ли поставщик услуги по ремонту оборудования?

Поставщик осуществляет вид ремонта, который организация выбрала на аутсорсинг?

Осуществляет ли ремонт оборудования, который организация выбрала на аутсорсинг?

Осуществлял ли поставщик ремонт узла оборудования, который организация выбрала на аутсорсинг?

Сформирована оценка предложений предприятий промышленного сервиса в Омском регионе (Таблица 1).

Таблица 1

Предприятия – поставщики услуги по ремонту промышленного оборудования на территории Омского региона

Фирма	Местоположение	Вид услуг
ФГУП "Омское производственное объединение "Иртыш"	Омск	Ремонт металлорежущего оборудования
		Обследование и составление дефектной ведомости оборудования
ЗАО «Омский ЦТО ПО»	Омск	Модернизация оборудования
		Капитальный ремонт станков токарной группы
ОАО Завод «Труд»	Новосибирск	Модернизация и капитальный ремонт станков

ЗАО «Омский ЦТО ПО» также имеет опыт и необходимое оборудование для ремонта следующих узлов оборудования: устройств числового программного управления НЦ-31, 2Р22, 2С42-65, МС2109, МС2105, МикроДАТ, электроприводов «Размер 2М-5-21», «Размер 2М-5-21\11», «КЕМРОС», «КЕМТОК», «КЕМРОН», «КЕМЕК» и других аналогичных приводов.

И опыт работы с оборудованием:

- токарные станки 16Б16Т1С1, 16К20Ф3, 16А20Ф3, 16К30Ф323, 16М30Ф3141, РТ755Ф341, 16Д16АФ1-01, ФТ-11;
- фрезерные станки АГ-250, АГ-400, НР5-38, МАНО МН-500С, ЛФ66, 6Р13Ф3, ВФ-5Н, ГФ2171С5, ФП 7,СФП-13М;
- раскройный станок СФП-1Р;
- обрабатывающие центры ГДВ-400, W400;
- координатно-расточные станки ИР2637ПМФ4, 24К40СФ4, 2637ГФ1, 2620;
- машина тепловой резки «Гранат ППлКЦ-2,5»;
- заточной станок ВЗ-205Ф3;
- дыропробивные прессы КО 126П, ОЦКО 126П;
- литьевая машина НР-5;
- гальваническая линия АГ-44.

Таким образом, можно выбирать поставщиков по опыту в ремонте с определенной моделью оборудования, видом ремонта (текущий, капитальный) или узлом оборудования.

На практике структура ремонтной службы включает отдел главного механика, ремонтно-механические цеха (РМЦ), службы цехового механика, склады оборудования, материалов [7, 9–10].

Наибольшее распространение получила централизованная организация ремонта, одно из главных преимуществ которой в том, что планирование ремонта, и его осуществление находятся под одним руководством. Это повышает надежность выполнения графика ремонта и улучшает маневренность ремонтных бригад.

В связи с применением аутсорсинга предлагаются провести определенные изменения организационной структуры ремонтной службы: Структура ремонтной службы после предлагаемой реорганизации приведена на рисунке:



Рис. Структурная схема ремонтной службы после предлагаемой реорганизации

За базовое значение времени ремонта должно приниматься расчетное значение по нормативам. Тогда время ремонта, выполняемого аутсорсером не должно превышать значение по нормативам, либо другие значения, установленные на предприятии.

Для расчета значений этих критериев предлагается использовать следующие отношения:

$$K1 = \frac{t_p}{t_n}, \quad (10)$$

$$K2 = \frac{n_{отк1}}{n_{отк2}}, \quad (11)$$

$$K3 = \frac{n_{д1}}{n_{д2}} \quad (12)$$

где t_p , t_n – время ремонта до реорганизации и по нормативам;

$n_{отк1}$ – количество отказов до реорганизации ремонтной службы;

$n_{отк2}$ – количество отказов после реорганизации ремонтной службы;
 $n_{д1}$ и $n_{д2}$ – количество дефектов, уменьшающих производительность оборудования до и после реорганизации ремонтной службы, соответственно.

При этом степень экономической эффективности можно оценить следующим образом:

$$K4 = \frac{\mathcal{E}_ф}{\mathcal{E}_{пл}} \quad (13)$$

где $\mathcal{E}_ф$ – фактические затраты на ремонт при использовании аутсорсинга ремонта оборудования;

$\mathcal{E}_{пл}$ – плановый показатель затрат на ремонт при использовании аутсорсинга ремонта оборудования.

При $K4 \leq 1$ можно говорить об эффективности применения аутсорсинга. Процесс использования аутсорсинга ремонта оборудования можно считаться успешным при следующих значениях показателей:

$$K1 \leq 1, K2 \leq 1, K3 \leq 1 \text{ и } K4 \leq 1 \quad (14)$$

либо с небольшими отклонениями (5-10%).

Для обнаружения улучшения или ухудшения качества ремонта после применения аутсорсинга, следует использовать следующую зависимость:

$$K = K1 \times K2 \times K3 \times K4 \quad (15)$$

3. Выводы

Предложены механизм принятия решения о аутсорсинге ремонта оборудования на основе критерия доступности, и механизм выбора поставщика. Для совершенствования организации ремонтной службы в условиях использования аутсорсинга предложены критерии для оценки эффективности применения аутсорсинга ремонта оборудования: время ремонта, количество отказов, количество дефектов, уменьшающих производительность оборудования; контроль которых позволит вносить изменения в условия договора аутсорсинга.

После предлагаемой реорганизации предложена структура ремонтной службы, в соответствие с которой целесообразно создать отдел анализа статистики, управления и сервисные бригады, специализирующиеся на ремонте и обслуживании оборудования определенного типа.

Список литературы:

1. Redreev, G.V. Perfection of technical service of manufacturing plants equipment / Redreev G.V., Shimokhin A.V., Kiyko P.V. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series 9. Сер. "IX International Scientific Practical Conference "Innovative Technologies in Engineering"" 2018. С. 012008.
2. Чернова Е.Г. Интегрированные хозяйственные образования: типология и динамика организационно-правовых форм / Е.Г. Черова // Вестник Санкт-Петербургского университета: экономика.- №1.2010.- С 59-69.
3. Tetter V. The Research Institute of Technology, Control and Diagnostics of Railway Transport / V. Tetter // TRANSPORT PROBLEMS. 2009. №2 . P. 67-72.
4. Лактионова, О. Е. Управления финансами предприятий на условиях договора аутсорсинга/О.Е.Лактионова//Финансы и бизнес.-№3.-2017.-134-142.
5. Уильямсон, О. И. (2010). Аутсорсинг: транзакционные издержки и управление цепями поставок. *Российский журнал менеджмента*, 8(1), 71–92.
6. Смирнов, С.А. Концепция затрат на качество (Cost of Quality): проблемы и перспективы применения / С.А.Смирнов // Вестник Санкт–Петербургского университета: экономика.-№3.-2012.- С. 146-156.
7. Морозова, А.С. Сравнительная характеристика стратегий выхода на внешние рынки /А.С.Морозова//Наука и техника.-№3.-2009.-С.72-78.
8. Коногов, Д.Г. Реструктуризация предприятий. изменение организационной структуры / Г.Д.Коноков // Технический журнал «Автомобильная промышленность» .-№3.-2013.
9. Сивачева, Е.А. Аутсорсинг в системе международных экономических отношений/Е.А.Сивачева//Вестник Санкт-Петербургского университета: экономика.-№1.-2008.- С 135-139.
10. Technical support of conservation and energy-saving technologies / V.A. Eviev, G.M. Muchkaeva // Study guide: St. Petersburg State University, Kalmyk State University named after B. Gorodikov. - Elista, 2010.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Р.В. Котляров, к.т.н., доц., В.В. Торгулькин, аспирант

Кемеровский государственный университет

650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. (3842)-39-68-35

E-mail: kotliarov_rv@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены проблема и источники формирования сточных вод промышленных предприятий. Изучены состав сточных вод и методы их очистки. Внимание уделено схеме очистки сточных вод с применением мембранных методов. Разработана схема автоматизации процесса мембранной очистки промышленных сточных вод.

Abstract: The problem and sources of industrial wastewater are considered. The composition of wastewater and methods of their treatment are studied. Attention is paid to the wastewater treatment with application of membrane methods. The scheme of automation system of membrane treatment process is developed.

Ключевые слова: сточные воды, мембранные методы, система автоматизации.

Keyword: wastewater, membrane methods, system of automation.

Образование стоков, загрязненных различными неорганическими и органическими веществами, является неотъемлемой составляющей производства любой отрасли народного хозяйства. Производственные сточные воды образуются, главным образом, при проведении технологических процессов производства. Также к стокам можно отнести воду, прошедшую через загрязненную территорию промышленного предприятия и ставшую непригодной для вторичного использования. Вода, которая используется предприятием в технологических процессах, обычно загрязняется в результате промывки сырья и продуктов, оборудования, а также при охлаждении технологических аппаратов. Основным источником загрязнения воды, используемой химическим предприятием, являются химические реакции, протекающие в ходе технологических процессов.

Промышленные сточные воды представляют собой существенную угрозу экологической обстановке. В соответствии с действующим законодательством промышленное каждое предприятие должно использовать очистные сооружения, которые используются для устранения негативного влияния сточных вод на экологическое состояние окружающей среды. К сожалению, имеет место быть нарушение законодательства со стороны предприятий.

Сточные воды предприятия – это сложные системы, содержащие минеральные и органические загрязнения в нерастворенном или растворенном состояниях, в виде коллоидных растворов. Состав и характер загрязнений промышленных сточных вод влияет на выбор методов их очистки. Очистка может происходить, например, с применением химических, физико-химических или биологических методов [1].

Наиболее распространенной является четырехстадийная очистка сточных вод. На начальной стадии производится удаление крупных частиц и масел, нейтрализация токсинов. Эта стадия может включать коагуляцию, флокуляцию, смешивание, отстаивание, просеивание. Стадия служит для предварительной очистки сточных вод. Если сточные воды не содержат указанных загрязнений, стадия пропускается. Следующая стадия предполагает удаление и включает в себя, как правило, осаждение, флотацию, сепарацию, фильтрацию, деэмульгацию. На следующей стадии происходит удаление загрязняющих веществ до заданного значения. Стадия включает химическое окисление, обезвреживание, биохимию, электрокоагуляцию, электрофлотацию, электролиз, мембранную очистку. а заключительной стадии сточные воды подвергаются глубокой очистке от растворимых веществ с помощью сорбции активированным углем, обратного осмоса или ионного обмена.

Особый интерес авторов лежит в сфере разработки новых конструкций мембранного оборудования и автоматизированных систем управления мембранными процессами. Рассмотрим схему очистки сточных вод предприятия с применением мембранных технологий (рис. 1), в которой представлены баромембранные процессы – ультрафильтрация и обратный осмос [2, 3]. Ультрафильтрация позволяет выделить вещества, размер частиц которых не превышает 0,5 мкм. При обратном осмосе отделяются частицы (молекулы, гидратированные ионы), размер которых не превышает размер молекул растворителя. Процессы ультрафильтрации и обратного осмоса осуществляют с применением мембранных аппаратов рулонного или трубчатого типа. Последние, в свою очередь, могут содержать трубчатые или полволоконные мембраны.

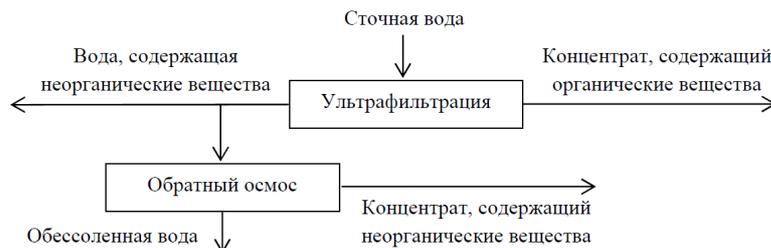


Рис. 1. Схема очистки сточных вод предприятия с применением мембранных технологий

При очистке производственных сточных вод целевым продуктом является фильтрат – часть среды, прошедшая через пористую полупроницаемую перегородку (мембранный фильтр). Основным показателем эффективности мембранного оборудования в этом случае является производительность по фильтрату, т.е. количество фильтрата, образовавшееся в единицу времени на единице площади фильтрующего элемента.

Производительность оборудования по фильтрату обусловлено характеристиками используемых в его составе мембран (размер пор, материал фильтра и др.), величиной движущей силы процесса, физико-химическими свойствами обрабатываемых сред, значениями режимных параметров процессов очистки. Движущей силой баромембранных процессов является разность давлений с разных сторон полупроницаемой мембраны. С внешней стороны мембраны действует, как правило, атмосферное давление, с внутренней стороны фильтра поддерживают избыточное давление.

Управление интенсивностью отвода фильтрата представляется возможным посредством изменения избыточного давления внутри мембранного фильтра. Однако следует ограничиться допустимым верхним пределом, который зависит от прочности материала, из которого изготовлена мембрана. Кроме того, повышение давления ведет к образованию на поверхности мембраны слоя задерживаемых веществ и его уплотнению, что вызывает снижение интенсивности образования фильтрата, а некоторых случаях – к полному прекращению его образования.

В качестве объекта управления рассмотрена опытно-промышленная мембранная установка, включающая аппараты для ультрафильтрации и обратного осмоса. В конструкции ультрафильтрационного аппарата использован рулонный мембранный элемент ЭРУ (рабочее давление 0,2МПа), аппарат для обратного осмоса включает рулонный мембранный элемент ЭРО-КНИ (рабочее давление 1,05МПа) производства ЗАО НТЦ «Владипор», Россия. Схема автоматизации мембранной установки (рис. 2) содержит преобразователи избыточного давления (поз. 1-1 и 2-1) и автоматические регуляторы давления (поз. 1-2 и 2-2).

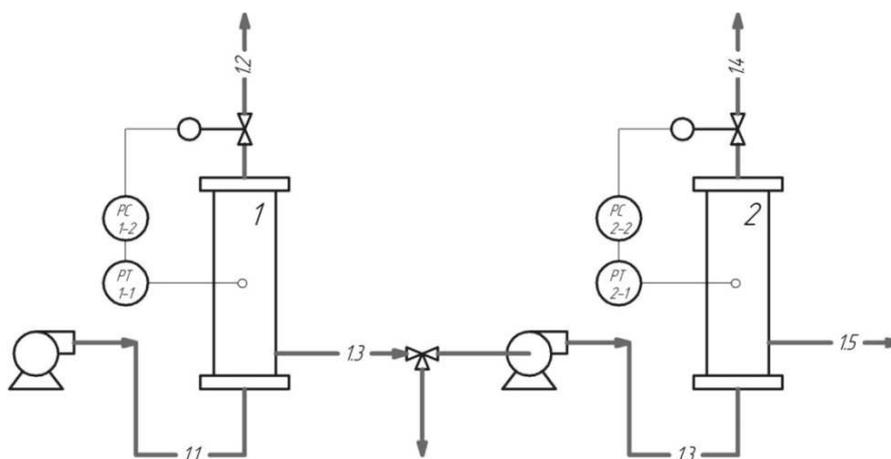


Рис. 2. Схема автоматизации опытно-промышленной мембранной установки
 1 – ультрафильтрационный аппарат; 2 – обратноосмотический аппарат; 1.1 – сточная вода; 1.2 – концентрат, содержащий органические вещества; 1.3 – вода, содержащая неорганические вещества; 1.4 – концентрат, содержащий неорганические вещества; 1.5 – обессоленная вода

Список литературы:

1. Рамазанова, Б.М. Сточные воды и методы их очистки / Б.М. Рамазанова // Уральский научный вестник. – 2018. – Т. 3. - №1. – С. 083-087.
2. Габидуллина, Л.А. Биосорбционно-мембранная очистка сточных вод нефтеперерабатывающего завода / Л.А. Габидуллина, Т.В. Соколова, С.В. Степанов, А.С. Степанов // ВОДА MAGAZINE. – 2018. - №4. – С. 30-33.
3. Горев, Д.С. Очистка сточных вод молочного производства посредством обратного осмоса / Д.С. Горев, В.В. Потапов, А.В. Мангазеев, Т.С. Горева // Экология промышленного производства. – 2018. - №1. – С. 17-22.

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ**

А.А. Рязанов, к.э.н., доц

Московский университет им. С.Ю.Витте

115432, г.Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.12, стр. 1, тел. (495) 500-03-63

E-mail: Alekryazanov@yandex.ru

Аннотация: Актуальность темы исследования обусловлена как необходимостью научного осмысления роли и места цифровизации в современном менеджменте, так и практической значимостью исследований, связанных с разработкой и обоснованием перспективных направлений цифровизации процесса управления конкурентоспособностью российских предприятий. Цель исследования состоит в определении и обосновании перспективных направлений и технологических решений цифровизации процесса управления конкурентоспособностью предприятия. В статье проведен анализ сущности и содержания процесса управления конкурентоспособностью предприятия, выделены его уровни и этапы, обоснованы перспективные направления и технологии цифровизации данного процесса, выявлены положительные управленческие и экономические эффекты.

Abstract: the Relevance of the research topic is due to the need for scientific understanding of the role and place of digitalization in modern management, as well as the practical significance of research related to the development and justification of promising areas of digitalization of the process of managing the competitiveness of Russian enterprises. The purpose of the study is to identify and substantiate promising areas and technological solutions of digitalization of the process of managing the competitiveness of the enterprise. The article analyzes the essence and content of the enterprise competitiveness management process, identifies its levels and stages, substantiates promising directions and technologies of digitalization of this process, identifies positive management and economic effects.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровизация, управление конкурентоспособностью предприятия, стратегический конкурентный анализ, конкурентная стратегия, стратегический контроль.

Keywords: digital economy, digitalization, enterprise competitiveness management, strategic competitive analysis, competitive strategy, strategic control.

Одним из важнейших приоритетов социально-экономической политики РФ в настоящее время является формирование и развитие в стране цифровой экономики [1]. Руководство страны рассматривает эту задачу как «вопрос национальной безопасности и независимости России, конкурентности отечественных компаний, позиций страны на мировой арене на долгосрочную перспективу» [2].

Массовое внедрение и освоение цифровых технологий в различных социально-экономических системах сопровождается не только повышением эффективности их функционирования, но и существенными трансформациями данных систем, обозначаемыми в научном сообществе обобщенным термином «цифровизация» [3]. Данный процесс характерен и для современного менеджмента, где выявлены и используются новые управленческие эффекты, появились и развиваются новые управленческие технологии и модели.

В данном исследовании автор ограничится анализом основных направлений цифровизации процесса управления конкурентоспособностью предприятия, сущность которого сводится к формированию, поддержанию, наращиванию и реализации конкурентного потенциала предприятия (выявлению и преодолению его конкурентных слабостей, а также выявлению, формированию, приобретению, накоплению, поддержанию и реализации его конкурентных преимуществ).

Хотя процесс управления конкурентоспособностью предприятия является многоуровневым и осуществляется на стратегическом, функциональном и оперативном уровнях, его основой, по мнению автора, является стратегическая составляющая. Анализ сущности и содержания основных этапов стратегического управления конкурентоспособностью предприятия позволил автору выявить ряд актуальных проблем его реализации (таблица 1). Как представляется автору, их эффективному решению будет способствовать цифровизация процесса стратегического управления конкурентоспособностью предприятия, основным содержанием которой должна стать интеграция в данный процесс современных цифровых информационно-коммуникационных технологических решений. В частности, на этапе стратегического целеполагания относительно конкурентоспособности предприятия в данный процесс, по мнению автора, следует внедрить технологию краудсорсинга. На этапе стратегического мониторинга конкурентной среды и уровня конкурентоспособности предприятия целесообразно расширить набор источников информации за счет электронных СМИ, сайтов исследуемых организаций, социальных сетей. Кроме того существенным подспорьем специалистам на данном этапе станут технологии интернета вещей, блокчейна, интеграции различных информационных систем, CRM-система и система управления базами данных. Эффективность стратегического конкурентного анализа можно значительно повысить за счет использования методов интеллектуальной обработки данных на основе технологий бизнес-аналитики больших объемов данных, облачных вычислений, методов машинного обучения, нейронных сетей, искусственного интеллекта [4]. Повышению объективности оценки альтернатив и снижению риска ошибок при выборе оптимальной конкурентной стратегии предприятия будет способствовать интеграция в данный управленческий процесс технологий поддержки принятия управленческих решений. При разработке конкурентной стратегии предприятия до уровня долгосрочного плана конкурентного взаимодействия, по мнению автора, следует использовать возможности системы математического моделирования с использованием цифрового двойника предприятия. Значительный потенциал повышения эффективности реализации конкурентной стратегии предприятия имеют технологии облачного управления, комплексной автоматизации бизнес-процессов, ERP-системы. В ходе стратегического контроля конкурентоспособности предприятия повышению ситуационной осведомленности его менеджмента, достоверности, полноты, своевременности получения им необходимой для принятия решений информации, а также объективности оценки степени достижения целевых установок в данной области будет способствовать внедрение ERP- и CRM-систем.

Таблица 1

Основные этапы стратегического управления конкурентоспособностью предприятия

№ п/п	Этап стратегического управления конкурентоспособностью предприятия	Основное содержание этапа	Основные проблемы реализации
1.	Стратегическое целеполагание относительно конкурентоспособности предприятия	Разработка и уточнение соответствующих элементов миссии, стратегического видения, других элементов системы стратегических целевых установок предприятия	Субъективный характер стратегических управленческих решений, высокий риск принятия ошибочного решения
2.	Стратегический мониторинг конкурентной среды и уровня конкурентоспособности предприятия	Периодический сбор, предварительная обработка, систематизация и накопление данных о состоянии и тенденциях развития основных элементов внешней и внутренней среды предприятия, выявление его конкурентных преимуществ и конкурентных слабостей	Обработка значительных объемов данных различных форматов, поступающих по разным каналам, часто недостоверных, отрывочных и противоречащих полученным ранее, наличие большого количества рутинных операций и процедур

X Международная научно-практическая конференция
«Инновационные технологии в машиностроении»

№ п/п	Этап стратегического управления конкурентоспособностью предприятия	Основное содержание этапа	Основные проблемы реализации
3.	Стратегический конкурентный анализ	Преобразование данных о состоянии и тенденциях развития основных элементов внешней и внутренней среды предприятия в аналитические выводы о перспективных направлениях преодоления конкурентных слабостей предприятия, а также формирования, приобретения, накопления, поддержания и реализации его конкурентных преимуществ	Обработка значительных объемов данных различных форматов, поступающих по разным каналам, часто недостоверных, отрывочных и противоречащих полученным ранее, наличие большого количества рутинных операций и процедур
4.	Выбор конкурентной стратегии предприятия	Оценка выявленных перспективных направлений преодоления конкурентных слабостей предприятия, а также формирования, приобретения, накопления, поддержания и реализации его конкурентных преимуществ и обоснованный выбор оптимального варианта или их комбинации	Субъективный характер стратегических управленческих решений, высокий риск принятия ошибочного решения
5.	Разработка конкурентной стратегии предприятия	Разработка долгосрочного плана ведения конкурентной борьбы: детализация процесса преодоления конкурентных слабостей предприятия, а также формирования, приобретения, накопления, поддержания и реализации его конкурентных преимуществ на этапы и мероприятия, распределение между ними ресурсов предприятия, расчет промежуточных результатов конкурентной борьбы, определение ответственных исполнителей	Наличие большого количества рутинных операций и процедур
6.	Реализация конкурентной стратегии предприятия	Доведение до исполнителей и реализация долгосрочного плана ведения конкурентной борьбы	Наличие большого количества рутинных операций и процедур
7.	Стратегический контроль конкурентоспособности предприятия	Сравнение достигнутой конкурентной позиции предприятия с целевыми установками, корректировка содержания других этапов стратегического управления конкурентоспособностью предприятия по результатам данного сравнения	Обработка значительных объемов данных различных форматов, поступающих по разным каналам, часто недостоверных, отрывочных и противоречащих полученным ранее, наличие большого количества рутинных операций и процедур

Таким образом, основные направления цифровизации процесса стратегического управления конкурентоспособностью предприятия определяются его основными стадиями. При этом следует подчеркнуть, что цифровизация данного процесса должна носить комплексный, а не очаговый характер, и в её отдельное направление целесообразно вынести интеграцию возможностей используемых технологических решений на основе единой цифровой платформы. Реализация данного направления позволит обеспечить преимущества комплексного подхода к цифровизации и использовать её синергетический эффект.

Основным содержанием процесса управления конкурентоспособностью предприятия на функциональном уровне, по мнению автора, является деятельность соответствующих должностных лиц предприятия по маркетинговому и ресурсному (кадровому, финансовому, научно-технологическому, материально-техническому и др.) обеспечению реализации основных направлений стратегического управления конкурентоспособностью предприятия, осуществляемая в рамках реализации соответствующих функциональных стратегий развития предприятия. В этой связи процесс управления конкурентоспособностью предприятия является не только многоуровневым, но и многоконтурным. Направления же и возможные технологические решения цифровизации процесса управления конкурентоспособностью предприятия на функциональном уровне аналогичны используемым на стратегическом уровне, что позволяет внедрить на предприятии одну ERP-, CRM-систему, систему управления базами данных и т. д. при условии их модульной организации и ориентации модулей на различные уровни управления.

Наконец, оперативное управление конкурентоспособностью предприятия осуществляется всеми должностными лицами последнего в рамках своих полномочий и направлено на решение текущих задач по реализации основных этапов стратегического управления и функциональных направлений обеспечения управления конкурентоспособностью предприятия. Для цифровизации процесса управления конкурентоспособностью предприятия на данном уровне также могут быть использованы перечисленные выше технологические решения, интегрированные в общекорпоративные системы и единую цифровую платформу предприятия.

Как представляется автору, комплексная цифровизация процесса управления конкурентоспособностью предприятия позволит получить ряд управленческих и экономических эффектов, связанных с повышением достоверности, полноты, своевременности получения информации, ситуационной осведомленности должностных лиц, принимающих стратегические решения и осуществляющих стратегический контроль, объективности оценки конкурентной позиции предприятия, результатов стратегического конкурентного анализа, выявлением большего количества конкурентных преимуществ и слабостей, снижением риска принятия ошибочных решений, ускорением управленческих процедур, освобождением должностных лиц от рутинных операций, улучшением уровня взаимодействия должностных лиц, повышением производительности их труда. Кроме того, она будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятия, его трансформации в интеллектуальный хозяйствующий субъект, являющийся институциональной основой цифровой экономики.

Список литературы:

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. №1632-р) - URL: <https://government.ru/> (дата обращения 22.02.2019).
2. Путин В.В. Выступление на заседании Совета по стратегическому развитию и приоритетным проектам 5 июля 2017 г. - URL: <https://www.kremlin.ru/events/president/news/54983> (дата обращения 23.02.2019).
3. Актуальные проблемы современного общества и пути их решения в условиях перехода к цифровой экономике: материалы XIV международной научной конференции; в 4-х ч. / под ред. А.В.Семенова, Н.Г.Мальшева, Ю.С.Руденко.- М.: изд. ЧОУВО «МУ им. С.Ю.Витте», 2018. - Ч.2. – 567 с.
4. Новикова В.С. К вопросу о специфике развития искусственного интеллекта // Дневник науки. 2018. № 9. с.8.

АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К РАБОТЕ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

Е.В. Драгунова, к.э.н., доц., Н.В. Пустовалова, Л.С. Драгунова, доц.

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, пр. К.Маркса 20, (3833) 46- 06-79, E-mail: EVDragunova@ngs.ru

Аннотация: в статье представлена модель образовательной экосистемы, соответствующей современным требованиям к образовательному процессу. Представлена схема образовательного процесса в цифровой образовательной среде. Определены основные акторы и технологии, задействованные в его реализации. Приведены результаты исследования уровня цифровой грамотности участников образовательного процесса.

Abstract: the article presents a model of an educational ecosystem that meets modern requirements for the educational process. We present an educational process model in the digital educational environment. We identified main actors and technologies involved in implementation of this process. We researched the digital literacy of some participants in the educational process.

Ключевые слова: экосистема образования, цифровая образовательная среда, цифровая грамотность.

Keyword: education ecosystem, DTLE, digital literacy

Формирование цифровой экономики невозможно без развития цифровых компетенций работников, которые должны формироваться (закладываться) в процессе обучения в системах среднего общего образования, СПО, а также высшего образования. Система образования будущего нацелена на удовлетворение потребности в формировании специалиста, который за время учёбы осознает свои реальные возможности (самоопределяется), учится работать в команде (позиционируется), получает «первичный» опыт работы в будущей практической сфере, а также учится самостоятельно развивать в себе дополнительные способности, необходимые для дальнейшего профессионального развития. Для построения модели образовательной системы необходимо определить границы системы, основные компоненты (акторы) (рис.1) и типы взаимодействия между ними, выявить приоритетные технологии и механизмы, которые могут обеспечить эффективное взаимодействие. Модель должна учитывать принципы симбиотических отношений, баланса и адаптации, а также ограничения, в частности недостаточную готовность основных акторов к взаимодействию в условиях цифровизации (цифровые компетенции). Российская образовательная система должна соответствовать потребностям современного цифрового общества, предоставляя широкий выбор образовательных инструментов, адаптированных под индивидуальный образовательный запрос, возможность быстрой и гибкой корректировки содержания запроса при формировании индивидуальной траектории [1].



Рис.1. Акторы процесса обучения, включённые в новую образовательную экосистему

Инструментарий должен обеспечивать возможность самостоятельного изучения образовательного контента или совместного с наставником-консультантом, виртуальной и f2f коммуникации без возрастных барьеров, быстрой и дружественной обратной связи с преподавателем (или ботом). Интегральный процесс обучения «нового специалиста» в образовательной экосистеме представлен на рисунке 2. Необходимым условием является наличие рекомендательных систем, основанных на технологиях вычислительного интеллекта, анализа контента, знаний [2-4]. Одним из ограничений успешного функционирования модели образовательной системы может быть неготовность основных акторов к взаимодействию в условиях цифровизации.

Цифровая компетентность - это сочетание знаний, навыков и способностей использования технологий для выполнения задач, решения проблем, общения, управления информацией, коллективной работы, создания и совместного использования контента эффективно, правильно, надежно,

критически, творчески, независимо и этически [5]. Цифровая компетенция имеет пять уровней (сфер): информация и информационная грамотность; общение и сотрудничество; создание цифрового контента; безопасность; решение проблем [6]. В результате эффективного функционирования экосистемы обучения у обучающихся должны сформироваться актуальные «жесткие, мягкие и цифровые» компетенции. С целью определения сходства и различий в использовании цифровых устройств, поиска информации, применения функционала социальных сетей, совершения финансовых операций мы провели интернет-анкетирование студентов бакалавриата, магистратуры, преподавателей технических, социально-гуманитарных и экономических направлений.

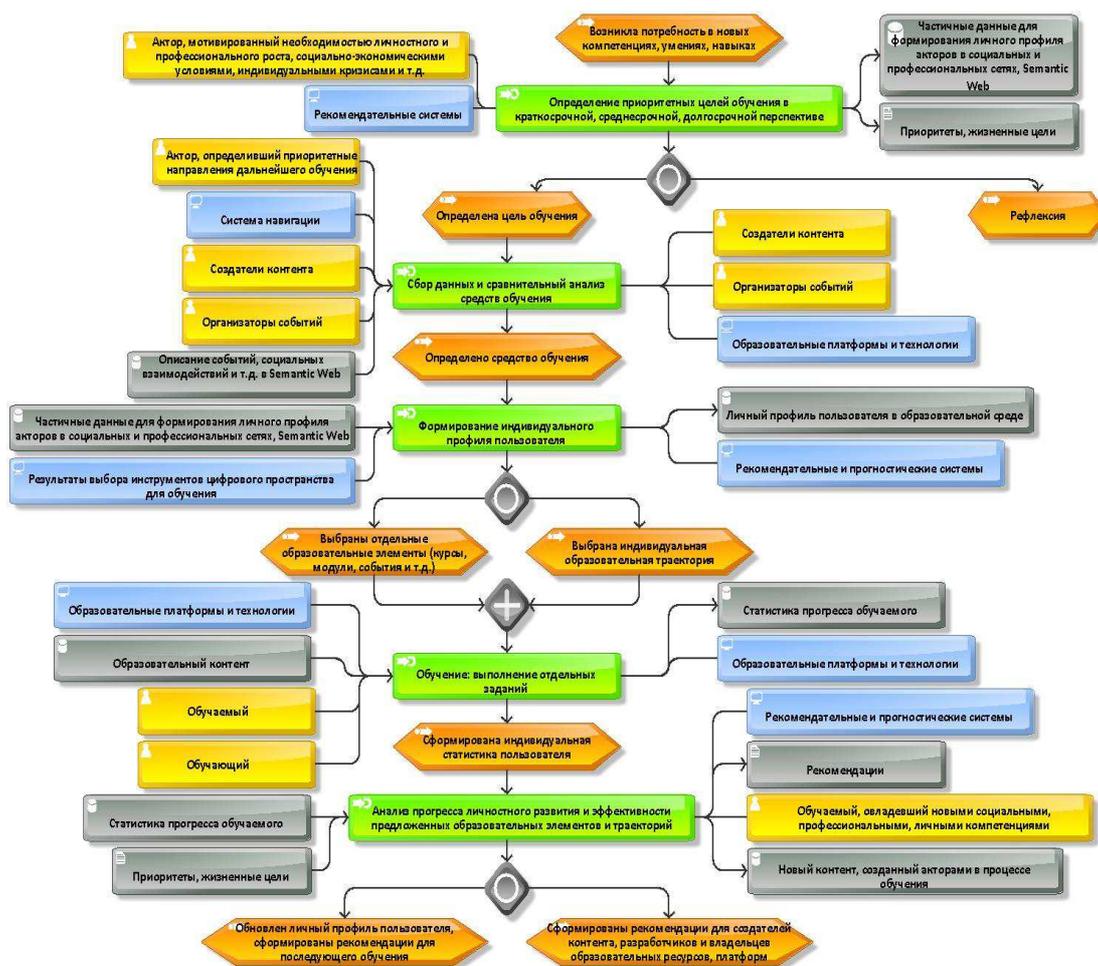


Рис. 2. Интегральный процесс обучения «нового специалиста» в образовательной экосистеме

Анкета-опросник включает в себя социально-демографические данные опрошенных (паспортичку) и три части. Всего предлагалось ответить на 23 вопроса, ряд вопросов имел множественный выбор. Характеристика респондентов: половой состав – 63% женщин, 37% мужчин; категория: 39% – 1 курс; 32% – 4 курс; 13% – магистранты; 16% – преподаватели; средний возраст: 18,8 лет – 1 курс; 21,5 лет – 4 курс; 22,5 лет – магистранты; 46,7 лет – преподаватели; направление обучения/область деятельности: технические науки – 47,8%; экономические науки – 12,3%; социально-гуманитарные науки – 39,9%. В таблице 1 представлены сводные результаты оценки уровня цифровой грамотности студентов и преподавателей. В среднем студенты 1 курса используют компьютерную технику 10,4 лет, 4 курса – 12,5 лет, магистранты – 13,3 года, преподаватели – 23,2 года. 23% опрошенных считает, что умеет использовать специализированные поисковые средства и строить поисковые запросы, 77% в большинстве случаев самостоятельно могут найти в глобальной сети интересующую информацию. Из числа респондентов 67,1% научилось пользоваться техникой самостоятельно, 24,5% на-

X Международная научно-практическая конференция
«Инновационные технологии в машиностроении»

чил член семьи, 4,2% – преподаватель, 2,8% – друзья, по 0,7% респондентов использовало книги, журналы и другие источники.

Таблица 1

Результаты оценки уровня цифровой грамотности студентов и преподавателей*

Оцениваемый параметр	1 курс	4 курс	Магистранты	Преподаватели
Предпочтения в выборе цифровых устройств	Мобильный телефон/ смартфон/ коммуникатор (42%)	Мобильный телефон/ смартфон/ коммуникатор (41%)	<ul style="list-style-type: none"> Мобильный телефон/ смартфон/ коммуникатор(33%) ПК (31%) 	Персональный компьютер (40%)
Значимость владения цифровыми компетенциями для будущей/выбранной профессии	Необходимо владеть (71%)	Необходимо владеть (89%)		Необходимо владеть (86%)
Наиболее эффективный способ совершенствования цифровой грамотности	Контактное обучение (face to face learning) (68%)	<ul style="list-style-type: none"> Обучение путем выполнения практических заданий (Learning by doing) (68%) Контактное обучение (face to face learning) (61%) 		
Наиболее популярные источники получения информации о новых цифровых технологиях (рисунок 3)	Социальные сети (37%)	Социальные сети (37%)	<ul style="list-style-type: none"> Социальные сети (28%) Блоги и форумы (25%) 	Социальные сети (23%)
Частота использования мобильных приложений для обучения иностранным языкам	Время от времени (23%)	Время от времени (30%)	Крайне редко (33%)	Никогда (46%)
Навыки владения / Частота использования: <ul style="list-style-type: none"> Текстовые процессоры; Табличные процессоры; Программы создания презентаций; Базы данных; Электронные словари/ переводчики 	<p>Очень хорошо (37,5%) / Регулярно (46%)</p> <p>Хорошо, приемлемо (по 30%) / Время от времени (29%)</p> <p>Очень хорошо (41%)</p> <p>Приемлемо (32%) / Время от времени (30%)</p> <p>Очень хорошо (50%) / Время от времени (30%)</p>	<p>Очень хорошо (64%) / Регулярно (80%)</p> <p>Хорошо(39%) / Часто (40%)</p> <p>Очень хорошо (52%)</p> <p>Хорошо(32%) / Время от времени (36%)</p> <p>Приемлемо (32%) / Время от времени (30%)</p>	<p>Очень хорошо (72%) / Регулярно (67%)</p> <p>Хорошо, Очень хорошо (по 33%) / Регулярно (33%)</p> <p>Очень хорошо (56%)</p> <p>Приемлемо (39%) / Часто (22%)</p> <p>Приемлемо (32%) / Время от времени (30%)</p>	<p>Очень хорошо (50%) // Регулярно (90%)</p> <p>Приемлемо(36%) / Регулярно (64%)</p> <p>Хорошо (41%)</p> <p>Приемлемо (23%) / Часто (54%)</p> <p>Приемлемо (32%) / Время от времени (30%)</p>

*В таблице 1 представлены только наиболее популярные (частые) ответы

Ни один из респондентов не испытывает затруднений при поиске данных в Интернет. 2,8% опрошенных считает, что набирает текст медленно, большая часть респондентов – 42% оценило свою скорость набора как среднюю, 38,5% – выше средней и 16,8% указало высокую скорость набора.

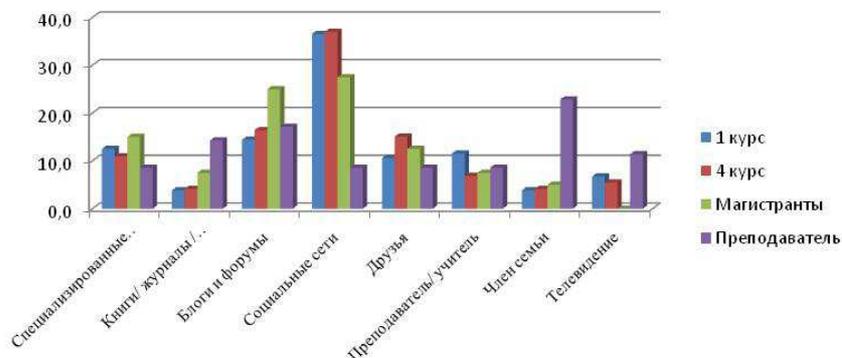


Рис. 3. Источники информации, из которых респонденты чаще всего получают сведения о новых возможностях цифровых технологий (возможно несколько вариантов ответа)

В таблице 2 представлены результаты обработки ответов, касающихся навыков работы в виртуальной среде.

Таблица 2

Навыки работы в виртуальной среде				
Оцениваемый параметр	1 курс	4 курс	Магистранты	Преподаватели
Создание и редактирование веб-страниц	Не умею (30%)	Умею (30%)	Средний уровень (33%)	Умею (28%)
Применение инструментов разработки веб-приложений	Не использую (37,5%)	Не использую (39%)	Не использую (50%)	Не использую (77%)
Обработка видео- и аудиоинформации	Умею (27%)	Умею (32%)	Средний уровень / ниже среднего (по 28%)	Не умею (31%)
Применение сервисов социальных сетей	Очень хорошо (62%)	Очень хорошо (84%)	Очень хорошо (61%)	Не использую (32%)
Использование блогов	Не использую (27%)	Хорошо (25%)	Не использую (39%)	Не использую (64%)
Использование Wiki – средств	Хорошо (63%)	Очень хорошо (43%)	Очень хорошо (39%)	Не использую (41%)
Использование платежных систем	Очень хорошо (45%)	Очень хорошо (59%)	Очень хорошо (44%)	Приемлемо (33%)

По результатам обработки анкет не выявлено отличий между разными категориями респондентов в частоте применения некоторых WWW-ресурсов. Так, все категории регулярно используют поисковые средства, текстовые и голосовые чаты, e-mail. Выявлены отличия в частоте использования блогов (практически не используют преподаватели – 45%, регулярно используют студенты 1 курса – 41%), видеоконференций (регулярно используют только магистранты – 44% и преподаватели – 32%), компьютерных игр (регулярно используют только студенты 1 и 4 курсов – 25% и 30% соответственно) и Wiki-средств (регулярно используют студенты 1 курса и магистранты – 33%, практически не используют преподаватели – 40%) (рисунки 4.).

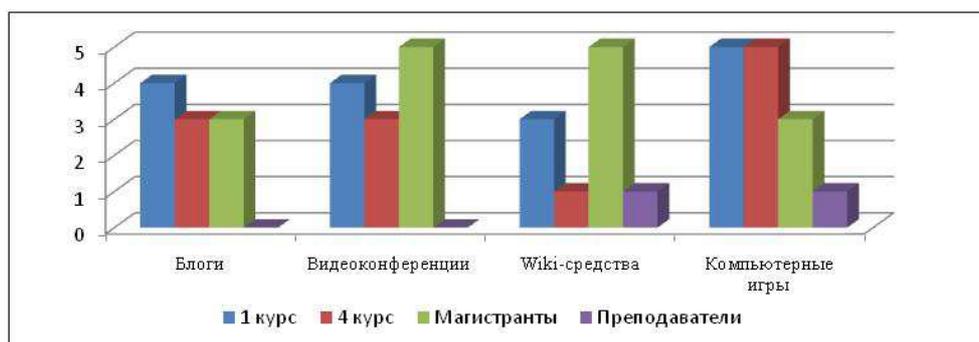


Рис. 4. Частота использования средств
0 – Никогда, 1 – Крайне редко, 2- Редко, 3 – Время от времени, 4 – Часто, 5 – Регулярно

Объектом нашего исследования являются цифровые компетенции отдельного обучаемого, используемые в решении профессиональных задач. Респонденты разных категорий отметили различный уровень значимости владения цифровыми компетенциями для своей профессиональной области. Так 95,6% респондентов, указавших сферу «технические науки», считает, что необходим высокий уровень владения цифровыми компетенциями, и только 4,4% ответило, что цифровые компетенции необходимы лишь иногда. Для социально-гуманитарной сферы значения соответственно 52,9% и 47,1%, для экономической – 72,7% и 27,3% соответственно. Вариант ответа «цифровые компетенции не важны» не выбрал ни один из опрошенных. Отметим, что далеко не все респонденты имеют целостное представление о том, что входит в понятие «цифровые компетенции», предполагая, что это умение пользоваться различными цифровыми устройствами, скачивать приложения и общаться в социальных сетях, однако самым распространенным ответом на вопрос «предлагает ли российская система образования средства, необходимые для получения актуальных цифровых компетенций» оказался «российская система образования не обеспечивает актуальный уровень развития компетенций» (рисунок 5) (1 курс – 33,9%, 4 курс – 34,1, магистранты – 55,6%, преподаватели 59,1%).



Рис. 5. Экранная форма частоты ответов на вопрос анкеты Google form

Список литературы:

1. Драгунова Е.В., Драгунова Л.С. Современное образование: проблем, триггеры, перспективы / Е.В Драгунова, Л.С. Драгунова //Проблемы инженерного и социально-экономического образования в техническом вузе в условиях модернизации высшего образования: сборник материалов IX Международной научно-методической конференции / отв.ред.С.Д. Погорелова. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С.40-46.
2. Lu Jie, Wu D., Mao M., Wang W., Zhang G. Recommender System Application Developments: A Survey. Decis Support Syst. 74. 2015. pp. 12–32.

3. N. Manouselis, H. Drachsler, R. Vuorikari, H. Hummel, R. Koper, Recommender Systems in Technology Enhanced Learning, in Recommender Systems Handbook, ed by P. Kantor, F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira (Springer, USA.), 2011 pp. 387–415.
4. Garcia-Martinez S. and Hamou-Lhadj A. Educational Recommender Systems: A Pedagogical-Focused Perspective, In: Tsihrintzis G., Virvou M., Jain L. (eds) Multimedia Services in Intelligent Environments, DOI: 10.1007/978-3-319-00375-7_8, Springer International Publishing Switzerland 2013, pp.113-124.
5. Skov A. What is digital competence? – Available from: <https://digital-competence.eu/front/what-is-digital-competence/>.
6. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. 48 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРВИСОВ ТЕСТ-КЕЙСОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОВЕРКЕ СЦЕНАРИЕВ

А.А. Скроботов, студ., Т.Ю. Чернышева, к.т.н., доц.

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
652055, Россия, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: tatch@list.ru*

Аннотация: В данной статье рассмотрена документация, используемая при тестировании программного обеспечения. Приведены примеры результатов использования тестовых программ.

Annotation: This article discusses the documentation used in software testing. Examples of the results of using test programs are given.

Ключевые слова: тестирование, документация, документ, проект, программное обеспечение, тест.

Keywords: testing, documentation, document, project, software, test.

Наиболее распространенный комплект документации по тестированию следующий [1]:

Тест-план (Test plan);

Тест-кейсы (Test cases);

Чек-лист (Check-list);

Отчет о тестировании (Test report);

Отчет об инцидентах (Incident report);

Правила и методика испытаний.

Т.к. зачастую документацию по тестированию спрашивают иностранные заказчики, то приведенные примеры – на английском языке.

1. Тест-план (Test plan) состоит из разделов:

– Идентификатор Тест-плана (Test Plan Identifier)

Представляет собой уникальное сокращенное название тест-плана/проекта, по которому его можно быстро идентифицировать. Например: QW – 1 – 01.02.10 означает: тест-план писался для проекта «QuickWells», версия документа – 1, дата создания – 01.02.2010

– Введение (Introduction). Краткое описание проекта и его предметной области, а так же цели и задачи создания плана, уровень конкретизации и проработки, применяемые стандарты. Можно затронуть тему основного плана проекта и т.д.

– Test Items (Тестовые позиции) описывается «масштаб» тестирования, а именно какими способами и стратегиями будет пользоваться команда тестирования;

- какие стадии пройдет процесс тестирования во время жизни проекта;
- уровень профессионализма персонала, участвующего в тестировании (нужно ли дополнительное обучение);
- будет ли применено автоматизированное тестирование, если да, то каким образом и с применением каких средств автоматизации;
- и т.д.

– Features To Be/Not To Be Tested (Тестируемые функции)

Данный раздел четко описывает «границы» тестирования, т.е. определяет, что именно будет протестировано, а что нет.

– Approach (Подход) В данном разделе описывается, на каком сочетании программного и аппаратного обеспечения будет производиться тестирование, а так же ответы на такие вопросы, как:

- На каких операционных системах будет производиться тестирование?
 - Будет ли применено использование специальных программ?
 - Будет ли осуществляться подсчет каких-нибудь метрик?
 - И т.д.
 - Item Pass/Fail Criteria (Условия прохождения теста) – описываются условия, при которых тест считается успешно пройденным или «заваленным». А так же может описываться система приоритетов для дефектов данного проекта.
 - Test Deliverables (Составляющие)
- В данном разделе описывается комплект документов, которым сопровождается настоящий проект, т.е. перечисляется вся документация, которая была написана или планируется для данной системы.
- Test Tasks (Задачи тестирования) описывает промежуточные задачи тестирования на проекте, например, написание документации, анализ, планирование тестирования, выполнение тестов и т.д. Желательно, чтоб эти задачи описывались с конкретными сроками исполнения.
 - Environmental Needs (Потребность в окружении) – В данном разделе описывается потребность в окружении: аппаратном, программном, коммуникационном и пр.
 - Responsibilities (Ответственности) – распределяется ответственность между участниками процесса, а так же закрепляются объемы работ за конкретными исполнителями.
 - Schedule (Расписание) описываются сроки завершения стадий процесса.
 - Risks and Contingencies (Риски и дополнительные непредвиденные обстоятельства)
- В данном разделе описываются возможные риски и обстоятельства, которые могут возникнуть в процессе тестирования на проекте, а так же описываются возможные пути выхода из ситуации, когда такие обстоятельства возникнут в реальности. Например, риск того, что тестерам будет недостаточно предоставленных устройств для тестирования. Его можно избежать, если заручиться поддержкой дружественной организации, которая предоставит недостающие устройства.
- Approvals (Утверждено) все ответственные лица ставят свою подпись, подтверждающую согласие с содержанием документа.

2. Test cases (Тест-кейсы) [2] - это профессиональная документация тестировщика, последовательность действий, направленная на проверку какого-либо функционала, описывающая как прийти к фактическому результату. В нем содержится пошаговое описание тестов.

Почему тест-кейсы обязательно должны быть на проекте:

1. Не тратится время на «вспоминание» и формулировку шагов теста, а можно просто следовать заранее написанной инструкции;
2. Тест-кейсы являются тем документом, который удобно продемонстрировать заказчику, чтобы показать, что именно тестировалось и каким образом;
3. Тест-кейсы облегчают ввод в процесс новых специалистов, ранее не знакомых с тестируемой системой;
4. Тест-кейсы служат хорошей обучающей базой для неопытных специалистов по тестированию.

Основные условия, при которых описанная выгода есть в действительности, это:

- понятность и однозначность толкования тест-кейсов;
- поддержание их в актуальном состоянии.

На рис.1 приведен пример тест кейса [3].

Номер кейса	Название сценария	Действия	Ожидаемый результат
1-Н	Выбор города	1. Открыть сайт http://xn--80af2b1c.xn----jtbhsvm9a.xn--p1ai/	1. Открылась главная страница сайта http://xn--80af2b1c.xn----jtbhsvm9a.xn--p1ai/
		2. Нажать на вкладку "Выберите город"	2. Кликнув на вкладку "Выберите город", выпал список доступных городов
		3. Выбрать город(Кемерово, Анжиро-Судженск, Юрга)	3. При нажатии определенного города из списка, определился выбранный город

Рис.1.- Тест кейс сценария (этапа) регистрации на сайте

Номер кейса обозначает его порядковый номер, буква расположенная рядом с номером показывает его вид (П-позитивный, Н-негативный). Позитивный тест кейс использует только корректные данные и проверяет, что приложение правильно выполнило вызываемую функцию. Негативный тест кейс оперирует как корректными, так и некорректными данными. При тестировании проекта около 70% тест кейсов являются положительными, остальные 30% являются негативными [2].

Название сценария должно кратко и понятно отображать дефектную функцию. В колонке действий описываются шаги, которые должны нас привести к ожидаемому результату. Соответственно в колонке ожидаемого результата отображается то, что ожидается увидеть на каждом шаге.

3. Чек-лист (Check-list)

Данный документ так же очень удобно иметь в своем арсенале. Он содержит информацию о компонентах, которые являются общими для целого класса проектов, например, чек-лист для web-проектов или iOS-проектов.

Данный документ имеет те же преимущества, что и тест-кейсы, но его значимость возрастает, т.к. он может быть применим для многих проектов. Чек-лист должен регулярно пополняться на основе нового опыта. Когда готов документ с первичными спецификациями, к проекту подключают QA специалиста. Он знакомится с документом, вносит предложения, задаёт уточняющие вопросы.

После утверждения спецификации клиентом, тестировщик приступает к определению набора тестов, необходимых для проверки разрабатываемого продукта. Существует несколько способов записи тестов. Наиболее удобная форма – таблица, содержащая 3 столбца: ID теста – Шаги теста – Ожидаемый результат (рис.2).

Social networks		
НОМЕР	ПРОВЕРКА	ОЖИДАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ
RPGF 12	Share via FB	like's counter increased, see like on FB page
RPGF 13	unlike	unliked, counter decreased
	Share via Twitter	tweet's counter increased, see tweet on tweet page

Рис.2. Запись теста

Для ведения чек-листов используют различные технологии и средства, например, Excel, таблицы Google Drive (документ динамически обновляется, у всех участников проекта есть доступ к актуальной версии), использовать базы данных, разработать собственную программу учета, например на платформе 1С[4]. Авторы используют Sitechko – специальный инструмент для создания и ведения чек-листов (рис. 3). Он позволяет всем членам команды не только видеть актуальное состояние чек-листа в любой момент, но и генерировать разные типы отчетов о результатах прохождения чек-листа в разных конфигурациях [5].

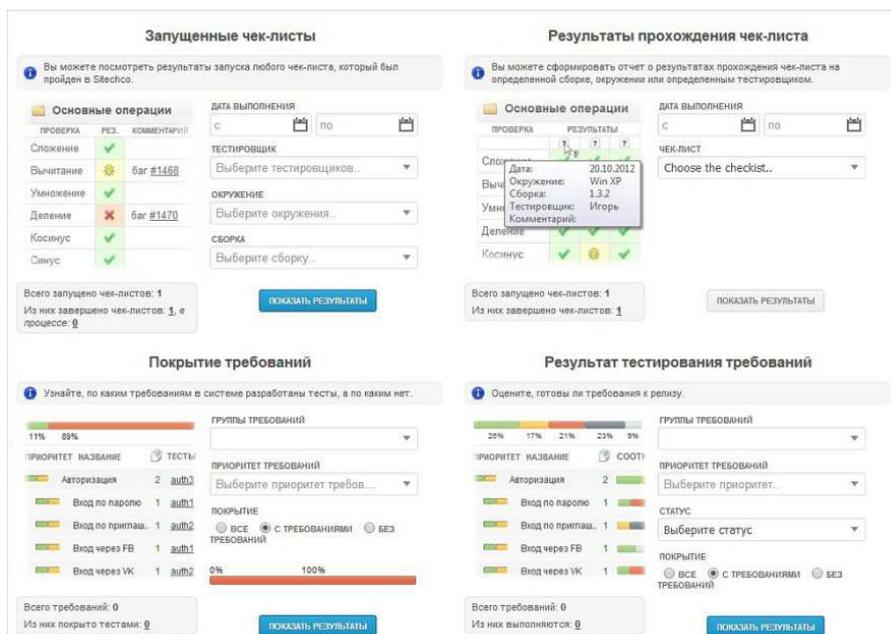


Рис.3. Отчеты о результатах прохождения чек-листа в технологии Sitechko

Как только разрабатываемый продукт передан на тестирование, специалист приступает к прохождению чек-листа последовательно во всех поддерживаемых конфигурациях. В результате экспертизы иногда возникает потребность в дополнении чек-листа тестами, тогда тестировщик расширяет его. После выполнения всех тестов подготавливается баг-репорт и отчет о статусе продукта.

После устранения/исправления обнаруженных в ходе тестирования проблем, специалист приступает к верификации и регрессионному тестированию, также фиксируя результаты в чек-листе. Пройденные чек-листы хранятся в сервисе Sitechko. В любой момент времени можно просмотреть историю, которая включает все итерации тестирования и отчеты о результатах на каждом этапе.

4. Отчет о тестировании и отчет об инциденте

Данные отчеты очень похожи, различие лишь в том, что Отчет о тестировании содержит информацию о результате всего процесса тестирования, а отчет об инциденте описывает обстоятельства конкретного происшествия (дефекта, отказа и т.д.).

5. Правила и методика испытаний

В отличие от предыдущих документов, Правила и Методика Испытаний (ПИМ) составляется преимущественно для отечественных заказчиков, одним из пунктов которого является «Виды испытаний».

Например: В соответствии с ЧТЗ на создание МП, предусматриваются следующие виды испытаний:

- проверка инсталляции и деинсталляции МП;
- проверка функциональности МП;
- проверка комплектности МП;

Список литературы:

1. Куликов С.А. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс, 2012. -193с.
2. Топ 10 инструментов автоматизации тестирования 2018// Электронный ресурс [Режим доступа]: <http://software-testing.ru/forum/index.php?topic/35876-top-10-instrumentov-avtomatizacii-testirovaniia-201/>
3. Скроботов А.А. Тестирование и контроль качества программного обеспечения»// Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи. / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – с.160-162
4. Vazhdaev A.N., Chernysheva T.Y., Lisacheva E.I. Software selection based on analysis and forecasting methods, practised in 1C //IOP conference series: Materials Science And Engineering.6. Сер. "6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering" 2015
5. Что такое тест-план?// Электронный ресурс [Режим доступа] : <https://sitechko.ru/articles/>

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОНОВОК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ

К.С. Кульга, д.т.н, проф., А.А. Валиев студ.

*ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет
РФ, Республика Башкортостан, 450008, г. Уфа, ул. К.Маркса – 12., тел. 8(347)-273-05-26
E-mail: admin@stalkerplm.com*

Аннотация: проектирование компоновок металлорежущих станков с ЧПУ осуществляется на этапе эскизного проектирования. Авторы предлагают методику проектирования компоновок металлорежущих станков с помощью цифровых технологий.

Abstract: the design of the layout of CNC machine tools is carried out at the stage of preliminary design. The authors propose a methodology for designing the layout of machine tools using digital technology.

Ключевые слова: металлорежущий станок, компоновка, цифровые технологии.

Keyword: machine tool, layout, digital technology.

Актуальность проблемы. Компоновкой металлорежущего станка с ЧПУ (далее, станок) называется совокупность деталей несущей системы и исполнительных звеньев, характеризующаяся их типом, количеством пропорциями и пространственным расположением [1-4]. Синтез компоновки осуществляется на этапе эскизного проектирования станка после определения его характеристик,

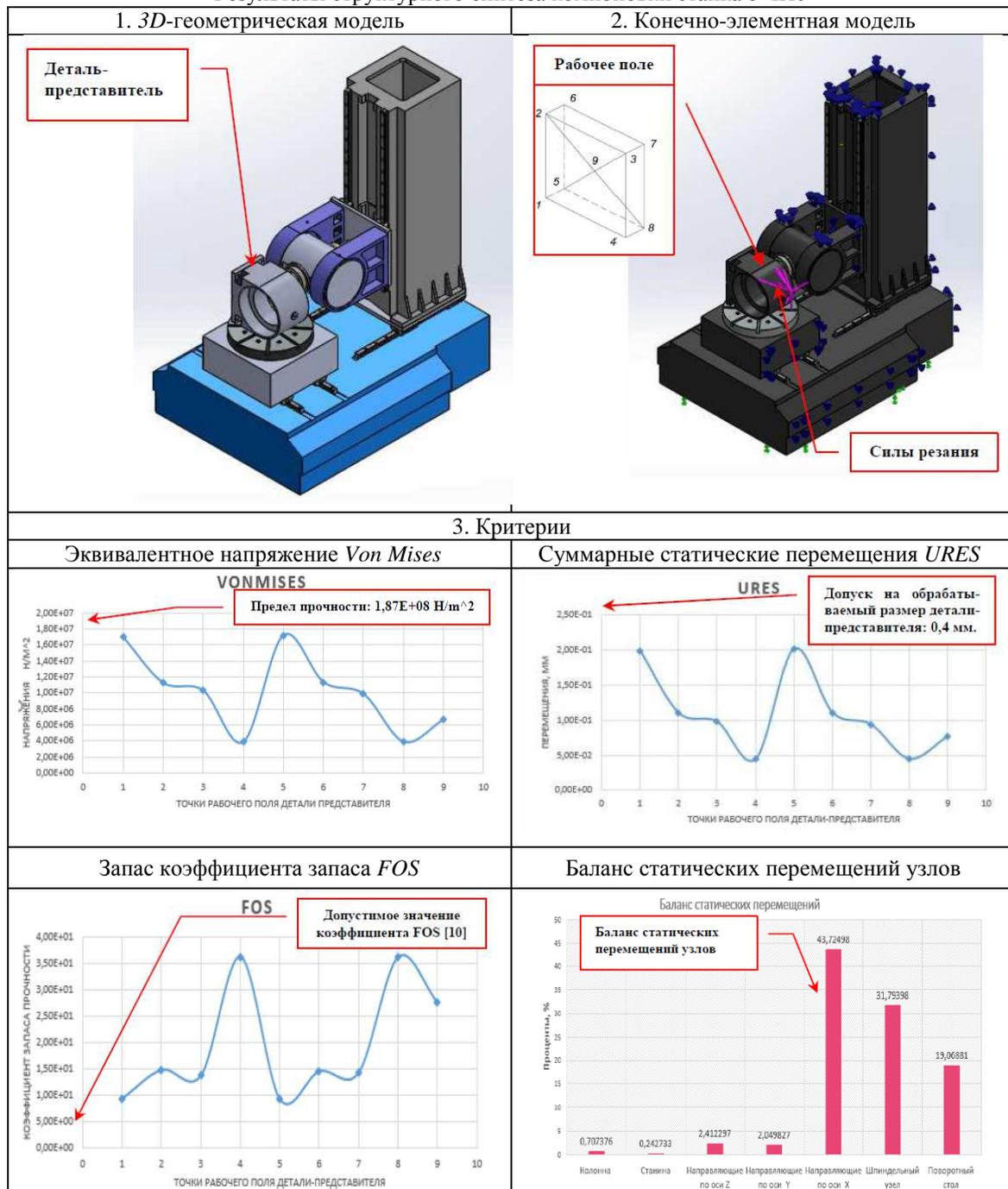
выбора метода и движений формообразования, предварительного определения кинематической структуры. От правильного выбора компоновки зависят показатели качества проектируемого станка.

Цель научного исследования. Разработка методики структурного синтеза компоновок станков на стадии эскизного проектирования на основе применения цифровых технологий.

Методика структурного синтеза компоновок станков. Исходными данными для реализации методики структурного синтеза компоновок станков являются результаты анализа конструкции и базового технологического процесса изготовления детали-представителя, определения перечня формообразующих исполнительных движений и структурно-кинематические схемы компоновок станков.

Таблица 1

Результаты структурного синтеза компоновки станка с ЧПУ



Одним из основных показателей оценки компоновки станка, который можно определить на этапе эскизного проектирования, является статическая жесткость [1-4].

Рассмотрим пример структурного синтеза компоновки многоцелевого станка с ЧПУ. В качестве компоновки станка-аналога выбрано оборудование производства компании ООО «СТАН» [5]. Пятикоординатные вертикальные фрезерные многоцелевые станки обеспечивают операции фрезерования, сверления, растачивания и токарной обработки. Это станок должен иметь высокие показатели статического и динамического качества. По этой причине на ранней стадии проектирования станок был подвергнут виртуальным испытаниям – компьютерному моделированию с помощью цифровых технологий.

В таблице 1 приведены этапы реализации предлагаемой методики:

Проектирование 3D-геометрической модели компоновки станка в CAD (*Computer-Aided Design*)-системе [6-8], адаптированной для метода конечных элементов (МКЭ) с учётом всех параметров, которые могут оказать существенное влияние на результаты статического анализа;

Создание сетки конечных элементов (КЭ) в CAE(*Computer-Aided Engineering*)-системе [6-8] – один из важнейших этапов статического анализа компоновки станка на основе МКЭ. Для повышения точности статического анализа компоновки станка осуществляется управление параметрами настройки сетки КЭ;

Моделирование статических и кинематических граничных условий для конечно-элементной модели компоновки станка. В ходе реализации этого этапа учитывается как действие активных силовых факторов (составляющих сил резания), так и наложенных на систему связей (подвижные и неподвижные стыки). Составляющие силы резания P_x, P_y, P_z , действующие в рабочем поле станка, определяются для наиболее нагруженного перехода технологической операции, выполняемой на станке. Для моделирования действия составляющих сил резания, действующих при фрезеровании поверхности детали, предлагается использовать вид внешнего нагружения «Дистанционная нагрузка» [6-8]. Этот вид нагружения одновременно прикладывается как к обрабатываемой поверхности детали, так и к переднему концу шпиндельного узла компоновки станка. В станке применяются направляющие качения, для которых производитель экспериментально определил радиальные и осевые податливости, рекомендованную величину предварительного натяга [9]. Для моделирования направляющих качения станка использовался КЭ «Пружина» [6-8]. Моделирование крепления станка к фундаменту («станина - фундаментные башмаки») осуществлялось с помощью КЭ «Упругое основание» [6-8], на основе предварительно рассчитанной радиальной и осевой жесткостей этого крепления. Моделирование крепления станка к фундаменту осуществлялось с помощью КЭ «Упругое основание» [6-8], на основе предварительно рассчитанной радиальной и осевой жесткостей этого крепления;

Статический анализ конечно-элементной модели компоновки станка и обработка результатов. Настройка параметров решающей программы для управления итерациями метода решения, улучшения точности или скорости получения результатов;

Определение направлений оптимизации компоновочных факторов станка с целью улучшения результатов статического анализа. Для этого предлагается построение баланса статических перемещений узлов станка.

Заключение. Предложенная методика позволяет проводить структурный синтез компоновок станков с ЧПУ на этапе эскизного проектирования станка с применением цифровых технологий.

Список литературы:

1. Врагов Ю. Д. Анализ компоновок металлорежущих станков. – М.: Машиностроение. – 1978. – 208 с.;
2. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / Авраамова Т.М., Бушуев В.В., Гиловой Л.Я. и др.; под ред. Бушуева В.В. в 2т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2012. – 608 с.
3. Хомяков В.С., Халдей М.Б. Информационная система синтеза компоновок станков // СТИН. 1998. – №8. – С. 3-8.
4. Информационные технологии в проектировании мехатронного оборудования: учеб. пособие / К.С. Кульга. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2014. – 201 с.
5. ООО «Стан» [Электронный ресурс] // СТАН – лидер российского станкостроения. – 2019. – Режим доступа: <https://www.stan-company.ru> .– Проверено 15.04.2019.
6. Dassault Systemes [Электронный ресурс]: // SolidWorks. – 2019. Режим доступа: <https://www.solidworks.com/ru> .– Проверено 15.04.2019.

7. Paul M Kurowski. Engineering Analysis with SolidWorks Simulation. – SDC Publications, 2013. – 496 p.
8. Алямовский А.А. CosmosWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. М: ДМК Пресс. – 2010. – 784 с.
9. Rexroth [Электронный ресурс]: // A Bosch Group. – 2019. Режим доступа: <https://www.boschr.com/ru/ru/>. – Проверено 15.04.2019.
10. Решетов Д.Н. Детали и механизмы металлорежущих станков. в 2т. Т.1. – М.: Машиностроение, 1972. – 604 с.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЯМИ МАЛОГО БИЗНЕСА МОНОГОРОДА

А.Н. Важдает, ст.преп., А.А. Мицель, профессор

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.(38451) 77764*

E-mail: wazdaev@ngs.ru, maa@asu.tusur.ru

Аннотация: Настоящая работа посвящена демонстрации возможного подхода к реструктуризации экономики моногорода. Приводится описание модели управления отраслями малого бизнеса моногорода.

Abstract: The present work is devoted to demonstrating a possible approach to restructuring a single-industry economy. The description of the management model of the small business sector of a monotown is given.

Ключевые слова: модель управления, малый бизнес, моногород, микропоказатели, мезопоказатели.

Keywords: management model, small business, monotown, microindicator, mesoindicator.

Существовавшая система строительства была направлена на строительство производств и обустройством городов вокруг них [1,2]. В РФ города, имеющие одно или несколько градообразующих предприятий, получили обозначение «моногород» [3]. Градообразующие предприятия моногорода ранее несли на себе двойную нагрузку: экономическую и социальную, обеспечивая условия жизнедеятельности города [4,5]. Однако, сложности в управлении, внешняя экономическая конъюнктура, падение спроса и другие факторы привели к экономическим проблемам у градообразующих предприятий и проблемам в самих моногородах [4,6]. Согласно зарубежным исследователям [7,8] развитие городского малого бизнеса (МБ) является одним из путей вывода моногородов из кризиса. Совокупность всех предприятий малого бизнеса моногорода способна взять на себя роль градообразующего предприятия и одновременно решать экономические и социальные задачи.

Таблица 1

Отрасли малого бизнеса моногорода Юрга

Номер отрасли	Наименование отрасли
1	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство
2	Обрабатывающие производства
3	Производство и распределение электроэнергии и воды
4	Строительство
5	Оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного использования
6	Деятельность гостиниц и ресторанов
7	Транспорт и связь
8	Финансовая деятельность
9	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг
10	Образование
11	Здравоохранение и предоставление социальных услуг
12	Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг

Настоящая работа посвящена демонстрации возможного подхода к реструктуризации городской экономики путём управления отраслями малого бизнеса в отдельно взятом моногороде. В качестве изучаемого моногорода было взято муниципальное образование Юрга (Кемеровская область). Выбранный город подходит под понятие моногорода [9].

Сначала необходимо определить список отраслей малого бизнеса выбранного моногорода. Ранее авторы работы провели соответствующее исследование и опубликовали его в работе [10]. В таблице 1 приведен список из двенадцати отраслей малого бизнеса, функционирующего в моногороде Юрга.

В работах [11, 12] авторы исследования изучили вопросы корреляционной зависимости между социально-экономическими показателями города (мезопоказатели) и экономическими показателями малого бизнеса (микропоказатели). Понятия «мезо» и «микро» по отношению к экономическим показателям использовались авторами для отражения масштабов изучаемых процессов. В контексте настоящей работы уровень «макро» относится к масштабам государства, «микро» – к городскому малому бизнесу, а «мезо» – отражает промежуточную позицию городской экономики между уровнем национальной экономики и экономикой отраслей отдельно взятого моногорода.

Кроме того, в вышеупомянутых работах авторы определили параметры, которые будут использованы в описываемой модели управления отраслями городского бизнеса. Так в таблице 2 приводятся мезопоказатели моногорода Юрга, а в таблице 3 – микропоказатели малого бизнеса (МБ). Микропоказатели малого бизнеса были взяты из регламентированных отчетов «Бухгалтерский баланс» и «Отчет о финансовых результатах».

Таблица 2

Мезопоказатели моногорода

№ п/п	Мезопоказатель моногорода
1	<i>УТИ</i> – единый налог на вмененный доход для отдельных видов деятельности, тыс. руб.
2	<i>НИЕ</i> – количество индивидуальных предпринимателей, шт.
3	<i>NSE</i> – количество малых предприятий (МП), шт.
4	<i>ПИТ</i> – налог на доходы физических лиц, тыс. руб.
5	<i>ТТИ</i> – налоги на совокупный доход, тыс. руб.
6	<i>АМНИ</i> – среднемесячный номинальный доход на душу населения, руб.
7	<i>PI</i> – численность населения, чел.
8	<i>NLME</i> – количество крупных и средних предприятий (КСП), шт.

Таблица 3

Микропоказатели малого бизнеса

№ п/п	Микропоказатель малого бизнеса
1	<i>Rev</i> – среднее значение выручки малого бизнеса за год, тыс. руб.
2	<i>FAB</i> – отношение суммы всех значений показателя «Итого по разделу I (Внеоборотные активы)» из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «Баланс»
3	<i>SAB</i> – отношение суммы всех значений показателя «Итого по разделу II (Оборотные активы)» из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «Баланс»
4	<i>CRB</i> – отношение суммы всех значений показателя «Итого по разделу III (Капитал и резервы)» из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «Баланс»
5	<i>LLB</i> – отношение суммы всех значений показателя «Итого по разделу IV (Долгосрочные обязательства)» из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «Баланс»
6	<i>SLB</i> – отношение суммы всех значений показателя «Итого по разделу V (Краткосрочные обязательства)» из числа исследуемых предприятий к их общему суммарному значению показателя «Баланс»

Обозначим агрегированные микропоказатели малого бизнеса как $V_i(t)$, $i = 1, \dots, p$ (здесь p – количество показателей малого бизнеса). С помощью разработанной модели [12] мы рассчитали значения агрегированных показателей малого бизнеса до заданного уровня. И тут у администрации моногорода может возникнуть вопрос, а каким образом можно управлять микропоказателями не всего малого бизнеса, а его показателями его отдельных отраслей? Кроме того, у муниципалитета в планах может стоять задача диверсифицировать городскую экономику, за счёт развития всех отраслей МБ. В таком случае, потребуется уделять больше внимания слабым отраслям, оказывая управляющее воздействие, в-первую очередь, именно на них в направлении улучшения значения их микропоказателей.

Обозначим за $V_{ij}(t)$, $i = 1, \dots, p$; $j = 1, \dots, n$ агрегированные микропоказатели отраслей в момент времени t , $t = 1, \dots, T$, где T – планируемый момент времени выхода отрасли на плановый режим; $w_j(t)$ – веса показателей отраслей $j = 1, \dots, n$; n – количество отраслей.

Связь микропоказателей малого бизнеса с микропоказателями отраслей представим в виде соотношения:

$$V_i(t) = \sum_{j=1}^n w_j(t) V_{ij}(t), \quad (1)$$

Рассмотрим два способа задания весов $w_j(t)$, принимая во внимания тот факт, что в разные периоды времени общее число предприятий и число предприятий определённой отрасли, попавших в выборку для исследования, может быть разным:

$$w_j(t) = n_j(t) / N(t), \quad (2)$$

$$w_j(t) = V_{1j}(t) / \sum_{j=1}^n V_{1j}(t). \quad (3)$$

Здесь n_j – количество предприятий j -й отрасли; N – общее количество предприятий; $V_{1j}(t)$ – первый показатель j -й отрасли, под которым будем понимать микропоказатель Rev (выручка); t – год исследования.

В формуле (2) вес является отношением числа предприятий каждой отрасли к общему количеству малых предприятий в конкретный период. В формуле (3) вес уже определяется как доля каждой отрасли в общее значение базового показателя Rev .

Запишем модель выбора показателей отраслей малого бизнеса для момента времени t в виде:

$$J(t) = \sum_{i=1}^p \left(V_i(t) - \sum_{j=1}^n w_j(t) V_{ij}(t) \right)^2 \rightarrow \min_{V_{ij}(t)}, \quad (4)$$

$$V_{2j}(t) + V_{3j}(t) = 1,$$

$$V_{2j}(t) + V_{3j}(t) = V_{4j}(t) + V_{5j}(t) + V_{6j}(t),$$

$$V_{ij}^{\min}(t) \leq V_{ij}(t) \leq V_{ij}^{\max}(t); \quad i = 1, \dots, p; \quad j = 1, \dots, n$$

Здесь $V_{ij}^{\min}(t)$, $V_{ij}^{\max}(t)$ – минимальное и максимальное значения микропоказателя $V_{ij}(t)$;

$$V_{2j} = (FAB)_j; \quad V_{3j} = (CAB)_j; \quad (5)$$

$$V_{4j} = (CRB)_j; \quad V_{5j} = (LLB)_j; \quad V_{6j} = (SLB)_j; \quad j = 1, \dots, n.$$

После решения данной задачи применяется метод DEA [10] для оценки эффективности отраслей малого бизнеса. Задача (4) представляет собой задачу квадратичного программирования. Решение данной задачи включает в себя ряд этапов.

1-й этап. Сначала нам необходимо выбрать способ задания весов отраслей. Остановимся на формуле (3), как более адекватной с точки зрения учёта влияния каждой отрасли на экономику моногорода: учитывается не просто количество представленных предприятий (как в случае (2)), а вклад каждой отрасли в общее значение городской выручки малого бизнеса Rev .

2-й этап. Раз веса задаются по формуле (3), учитывающей год исследования t , то тогда они становятся функцией времени. В этом случае необходимо изменить целевую функцию следующим образом:

$$J(t) = \sum_{i=2}^p \left(V_i(t) - \sum_{j=1}^n w_j(t) V_{ij}(t) \right)^2, \quad (6)$$

т.е. удаляем первый показатель Rev (выручку). Затем решаем задачу (4) для момента времени $t = 1$, полагая известными веса $w_j(1)$, $j = 1, \dots, n$.

3-й и последующие этапы. Для момента времени $t = 2$ по реальным данным о полученной выручке Rev отраслей вычисляем веса $w_j(2)$ и опять решаем задачу (4) и так далее. Для каждого момента времени t выполняем метод DEA и выявляем произошедшие изменения в эффективности деятельности отраслей.

Введём понятие интегральная эффективность отраслей МБ моногорода:

$$QE = \frac{\sum_{j=1}^n q_j}{n}, QE \rightarrow 1, \quad (7)$$

где n – количество отраслей. q_j – показатели эффективности отраслей МБ согласно DEA.

Далее приведены результаты моделирования процесса управления отраслями малого бизнеса с помощью модели (4). В качестве периода моделирования были взяты года с 2013 по 2016, т.к. за эти периоды на официальных источниках имеются данные по всем двенадцати отраслям моногорода Юрга.

С помощью минимальных и максимальных значений микропоказателей модели специалисты могут определять «коридор» изменения каждого микропоказателя для каждой отрасли, задавая тем самым область допустимых значений (рис. 1).

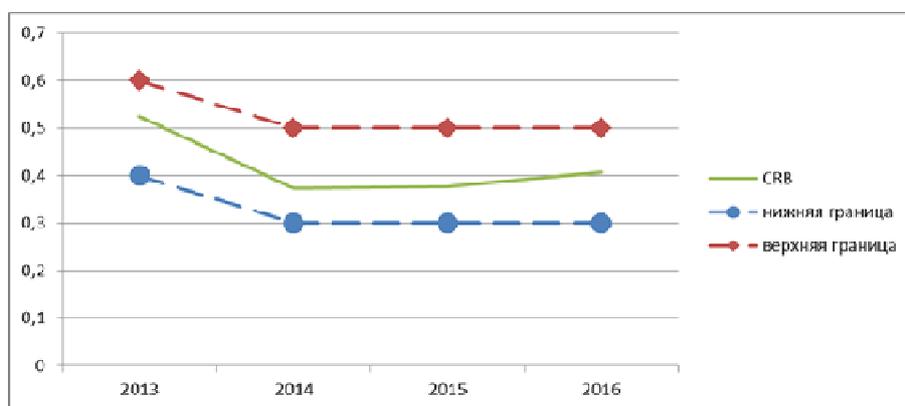


Рис. 1. Схема возможного коридора изменения микропоказателя CRB

После использования модели управления отраслями малого бизнеса (4) появляется возможность сравнить между собой эффективность отраслей до и после применения управляемого воздействия. Для этого обозначим через Qbm показатель эффективности отрасли согласно DEA, рассчитанный до управления, т.е. на основании исходных данных. Qam будет обозначать показатель эффективности отрасли согласно DEA, рассчитанный по результатам управления. Отклонение между показателями и интегральной эффективностью отраслей обозначим как:

$$\begin{aligned} \Delta Q(t) &= Qbm(t) - Qam(t), \\ \Delta QE(t) &= QEbm(t) - QEam(t) \end{aligned} \quad (8).$$

При этом положительное значение отклонения означает улучшение эффективности отрасли по результатам моделирования, отрицательное значение – ухудшение эффективности.

После применения модели управлениями отраслями интегральная эффективность может стать лучше. В то же самое время, отдельные отрасли могут показать худшую эффективность, чем до использования модели. Возможно, среди ухудшивших свою эффективность отраслей экономики нахо-

дятся такие, которым муниципалитет уделяет особое внимание, и повышение эффективности которых является частью городской программы поддержки МБ.

Для решения данного вопроса можно воспользоваться одной из трех групп стратегий управления микропоказателями, приведённых в таблице 4. Названия групп (активная, пассивная и активно-пассивная) определены на основании того, показателями актива, пассива или обеих частей бухгалтерского баланса, откуда, собственно, и были взяты микропоказатели малого бизнеса.

Таблица 4

Группы стратегий управления пятью балансовыми микропоказателями малого бизнеса

Группа стратегий / управляемые микропоказатели / число вариантов в группе	Описание группы стратегий
Активная <i>FAB, CAB</i> 2 варианта	Стратегии данной группы касаются изменения только показателей актива баланса при неизменном значении показателей пассива. Управление заключается во влиянии на перераспределение средств между внеоборотными и оборотными статьями актива МБ. Одним из результатов применения такой стратегии может служить увеличение оборотных средств в МБ за счёт снижения внеоборотных с целью активизации товарооборота в городе.
Пассивная <i>CRB, LLB, SLB</i> 12 вариантов	Стратегии данной группы управляют только показателями пассива баланса, при этом значения статей актива остаются неизменными. Так как количество управляемых микропоказателей составляет три, то и число возможных вариантов гораздо больше, чем в первой группе стратегий (управлять можно как двумя, так и одновременно тремя показателями пассива). Управление для данной группы стратегий заключается в перераспределении средств между капиталом, резервами и долгосрочными / краткосрочными обязательствами. Примером такой стратегии может служить управляемое влияние для снижения объёма краткосрочных заимствований за счёт увеличения долгосрочных обязательств с целью снижения текущей долговой нагрузки на МБ и усиления его автономности.
Активно-пассивная <i>FAB, CAB, CRB, LLB, SLB</i> 148 вариантов	Данная группа в наибольшей степени наполнена возможными вариантами управления – в ней происходит одновременное управление показателями и актива и пассива. При этом со стороны каждого из разделов баланса должен присутствовать минимум один микропоказатель, в то время как с другой стороны максимально могут участвовать два (в случае актива) или три (для пассива) показателя МБ. Управление для этой группы стратегий заключается во влиянии на перераспределении средств между статьями актива и пассива в МБ. Одним из случаев применения такой стратегии может служить влияние на уменьшение внеоборотных средств МБ с целью снижения долговой краткосрочной нагрузки на него с одновременным снижением накопленных им резервов.

В качестве рекомендации к указанной таблице можно предложить использовать в первую очередь пассивную группу стратегий, как наиболее реализуемую при управлении предприятиями. Кроме того, перераспределение показателей не должно быть более 0,3 (треть от суммы баланса), чтобы управляемой отрасли не пришлось глобально менять структуру своего баланса. Также, необходимо минимизировать число отраслей, по которым делаются корректировки относительно смоделированных значений микропоказателей.

В результате всего вышесказанного, в процессе целенаправленной реструктуризации городской экономики необходимо осуществлять управляемое воздействие в отношении отдельных отраслей малого бизнеса. Для этих целей и была разработана модель управления отраслями малого бизнеса моногорода, которая позволяет выполнить структуризацию микропоказателей по отраслям экономики. Использование новой модели позволяет получить рекомендованные значения микропоказателей для каждой отрасли МБ. А в совокупности с применением стратегий управления пятью балансо-

выми микропоказателями использование модели управления отраслями малого бизнеса позволяет улучшать интегральную эффективность отраслей МБ моногорода.

Список литературы:

1. Ивановский С.Л., Былинская А.А., Ивановская Н.А. Моногорода в народном хозяйстве страны: развитие, проблемы, перспективы // Вестник Ниж. университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – №5-2. – С.91-97.
2. Манаева И.В. Реструктуризация экономики моногорода: зарубежный опыт // Муниципальная экономика. 2011. № 5 (5). С. 36-37.
3. Колесник, Е.А. Особенности развития моногородов в переходной экономике // Новый университет. 2014. № 3 (19). С. 3.
4. Антонова И.С. Моделирование инфраструктуры диверсификации экономики моногорода // Вестник Сиб. гос. аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2016. Том 17, № 4. С.1104-1112.
5. Кузнецов Б.Л., Кузнецова С.Б., Галиуллина Г.Ф. Синергетический подход к созданию ТОСЭР как стратегия опережающего развития // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 11. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/11/73006>. б.м. : (дата обращения: 02.03.2017).
6. Кучербаева К.Ф. Проблемы развития моногородов России // Ростовский научный журнал. – 2016. – № 12. – С.58-65.
7. Bruening R.A., Strazza K., Nocera M., Peek-Asa C. & Casteel C. Understanding Small Business Engagement in Workplace Violence Prevention Programs // American Journal of Health Promotion. 2015. Vol. 30. P.83-91. doi: 10.4278/ajhp.140221-QUAL-80.
8. Hirschman A.O. Development projects observed. Brookings Institution Press, 2011. P. 68.
9. Иванова О.П., Антонов Г.Д. ТОСЭР в моногородах // ЭКО. 2017. № 3(513). С.120-133.
10. Вайдаев А.Н., Мицель А.А. ДЕА-анализ эффективности отраслей экономики моногорода // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15. № 12 (447). С. 2378-2390.
11. Vazhdaev A., Mitsel A., Grigoryeva M. The relationship of city and small business economic parameters // Proceedings of the IV International research conference Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine. б.м. : 2017. vol. 72. pp. 1–4. doi: 10.2991/itsmssm-17.2017.1.
12. Вайдаев А.Н., Мицель А.А. Однофакторная динамическая модель управления деятельностью малого бизнеса моногорода // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. № 5 С. 950-966.

ERP-СИСТЕМЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.Г. Ключева¹, ст.преп., С.В. Зайцева² зав.каф. «Информационных технологий»,
А.Н. Шорин¹, студент

¹Карагандинский государственный технический университет

²Карагандинский высший политехнический колледж

100027, Караганда, пр. Назарбаева 56, тел. 8(7212)56-57-44,

E-mail: e.klyueva@kstu.kz

Аннотация: В статье рассматриваются возможности использования ERP-системы «1С: Предприятие 8.2» для автоматизации предприятия пищевой промышленности ИП «Шадрина». Подробно описана структура системы, основные документы и отчеты. Сделаны выводы об эффективности внедрения системы в производство.

Abstract: The article discusses the possibility of using the "1С: Enterprise 8.2" ERP system for the automation of the food industry enterprise. The structure of the system, the main documents and reports are described in detail. Conclusions about the effectiveness of the introduction of the system into production are made.

Ключевые слова: автоматизация предприятия, ERP-системы, 1С, информационная система.

Keyword: enterprise automation, ERP-system, 1C, information system.

Успешное осуществление производственного процесса зависит от оперативного планирования и правильной организации работы на предприятиях. Сущность оперативного планирования заключается в составлении производственной программы предприятия.

Оперативное планирование включает в себя следующие элементы:

- составление планового объема производства на смену;
- расчет потребности в ТМЗ для выполнения полного объема производства;

- оформление отчетности по складскому учету;
- составление калькуляции;
- составление плана – по закупки сырья;
- оформление отчета по производству за отчетный период.

Для решения перечисленных задач производства в настоящий момент достаточно широко используется компьютерная техника. Фактически уровень автоматизации некоторых служб производства (бухгалтерия, отдел кадров, планово-финансовый отдел) находится на высоком уровне.

Наиболее популярной средой автоматизации является платформа «1С: Предприятие».

Рассмотрим пример автоматизации на основе предприятия пищевой промышленности ИП «Шадрина». Основная деятельность предприятия заключается в оптово-розничной торговле хлебо-булочной, кулинарной и кондитерской продукции.

Автоматизация деятельности производства, позволит повысить контроль складского учета ТМЗ и закупок предприятия, повысить эффективность анализа продаж, формализовать и компьютеризировать производственный процесс, а также гарантировать сохранность информации об оборотах производства.

Используемая конфигурация программного комплекса «1С: Предприятие 8.2» в ИП «Шадрина» включает в себя платформу и прикладные решения, разработанные на ее основе, для автоматизации деятельности бухгалтерии, администрации и отдела кадров.

В используемой конфигурации реализован детальный оперативный учет товаров на складе, обеспечивается полный контроль товарных запасов предприятия. Все складские операции фиксируются с помощью соответствующих документов - поступление ТМЗ, расход ТМЗ, реализация товаров, списание ТМЗ.

Конфигурация позволяет проводить инвентаризацию товаров на складе. По результатам инвентаризации автоматически подсчитывается разница между учетным количеством и выявленным в результате инвентаризации. После чего оформляются отчет товароматериальных остатков.

Проведенный анализ предметной области позволяет выделить наиболее слабые места сложившейся информационной системы предприятия: оперативный учет остатков ТМЗ, расчет калькуляции на все виды выпускаемой продукции.

Цель разрабатываемой системы – решение выявленных проблем. Необходима реализация следующих функций:

- управление складским учетом;
- учет прихода и расхода ТМЗ;
- повышение качества выпускаемой продукции;
- автоматический расчет сырья на выпуск готовой продукции;
- расчет прибыли предприятия;
- получение динамики и объёма продаж;
- сокращение временных затрат руководителя на контроль текущей деятельности производства;
- защита информации об объемах производства;
- автоматизация ручных операций.

Для работы системы управления на производстве были разработаны 8 справочников, представленных на рисунке 1.

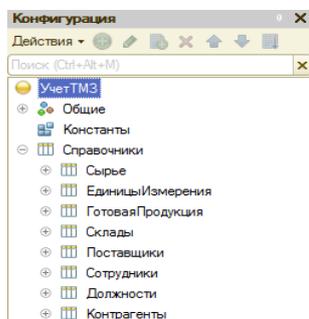


Рис. 1. Справочники системы

Документы играют центральную роль для основных механизмов, реализуемых компонентами системы. В системе «1С: Предприятие» документ является основной учетной единицей. Каждый документ содержит информацию о конкретной хозяйственной операции и характеризуется своим номером, датой и временем.

В системе разработано четыре вида документов: «Приход ТМЗ», «Расход ТМЗ», «Списание ТМЗ» и «Заказ».

Регистр сведений – объект конфигурации «1С: Предприятие 8», предназначенный для описания структуры хранения данных в разрезе нескольких измерений. На основе объекта конфигурации Регистр сведений платформа создает в базе данных таблицу, в которой может храниться произвольная информация, «привязанная» к набору измерений. Для системы разработано 2 регистра сведений: цены на сырье, цены на готовую продукцию. Регистры предназначены для хранения цены на ТМЗ и цены на готовую продукцию.

Регистры накопления - это прикладные объекты конфигурации. Они составляют основу механизма учета движения средств (финансов, товаров, материалов и т.д.), который позволяет автоматизировать такие направления, как складской учет, взаиморасчеты, планирование и кассовые операции. В разработанной системе определены следующие регистры накопления: остатки сырья и обороты готовой продукции. Данные регистры предназначены для формирования отчетности об остатках сырья, уровню и динамике продаж.

Для реализации ограничения прав доступа в прикладных решениях предназначены специальные объекты - Роли. Роль в конфигурации может соответствовать должностям или видам деятельности различных групп пользователей, для работы которых предназначена данная конфигурация [1].

В разрабатываемой ИС определено четыре роли, представленные на рисунке 2.

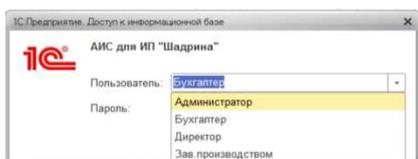


Рис. 2. Список ролей базы данных

Для ролей «Администратор» и «Директор» определены все возможные права предусмотренные системой.

Для роли «Бухгалтер» определены следующие права: создание и проведение все документов предусмотренной данной ИС, ввод входных данных системы, ввод рецептур готовой продукции и работа с регистрами.

Для роли «Зав. производством» определены следующие права: создание и проведение все документов предусмотренной данной ИС, ввод входных данных системы, ввод рецептур готовой продукции и работа с регистрами.

Реализация пользовательского интерфейса будут рассмотрены на примере прав администратора.

На начальной странице пользовательского интерфейса, представлены документы, используемые в данной конфигурации. В левой части находится документ – «Расход ТМЗ», в правой части располагается документ – «Приход ТМЗ», а также справочники «Сырье» и «Готовая продукция». При нажатии пользователя на кнопку создать, конфигурация автоматически переключают пользователя на создание документов. На рисунке 3 представлено главное окно программы.

На пользовательском интерфейсе расположены 4 вкладки: главное, покупка, продажа, отчетность.

Вкладка «Главное» предоставляет пользователю главное окно программы. Вкладка «Покупка», состоит из двух разделов: раздел документов и справочников. Раздел документов состоит из пунктов: «Приход ТМЗ» и «Остатки сырья». Раздел справочников включает элементы «Сырье», «Цена сырья», «Поставщики», «Склады», «Сотрудники», «Должности» и «Единицы измерения».

Учет товарно-материальных запасов (ТМЗ) требует, как правило, обработки больших объемов информации. Поэтому конфигурация максимально облегчает работу пользователя с помощью широкого использования механизма автоматической подставки данных по умолчанию, возможности ввода документов на основании других документов, с помощью других приемов.

Операции поступления, перемещения и выбытия товарно-материальных запасов (ТМЗ), регистрируются путем ввода в информационную базу соответствующих документов. Бухгалтерские проводки при этом формируются автоматически. Реквизиты проводок заполняются на основании информации, содержащейся в документе.

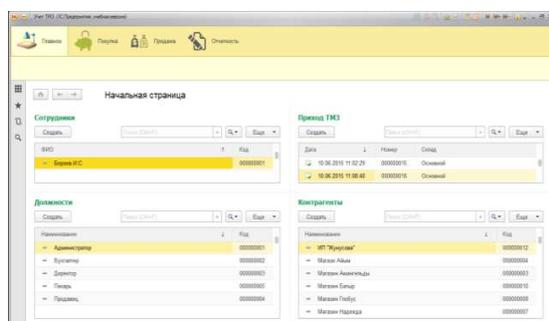


Рис. 3. Главное окно программы

В документе «Приход ТМЗ», пользователь вводит всю информацию о поступление сырья на склад производства, а именно наименование сырья, количество поступившего сырья, цены на сырье и единицу его измерения. Также пользователь вводит реквизиты документа, склад, ответственного

сотрудника и поставщика. После формирования всего документа, его необходимо провести. Данные документа заносятся в реестр сведений – «цены на сырье» и регистр накопления остатков сырья. На рисунке 4 представлена работа по занесению данных в регистр.

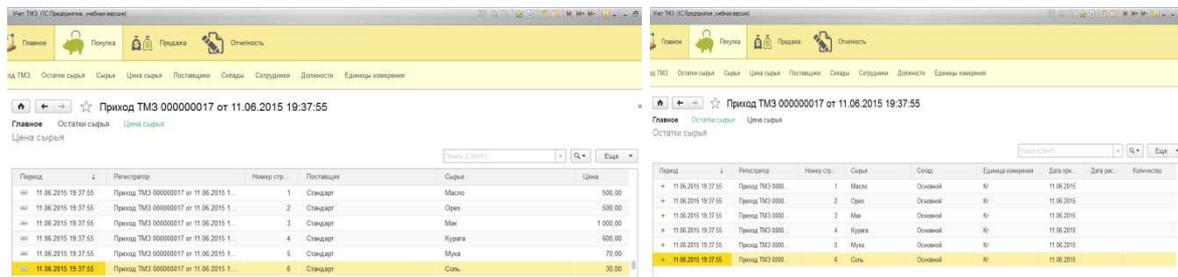


Рис. 4. Окно занесения данных в регистры

Документ «Остатки сырья», представляет собой регистр накопления, в котором отображаются все операции, касающиеся складского учета, на основании данного регистра формируется отчетность по фактическому остатку сырья и оборотный баланс стоимости ТМЗ.

В разделе справочники, пользователь осуществляет ввод входных данных в систему. Все данные автоматически, проводятся в системе при заполнении пользователем все полей и реквизитов. Справочник «Цены на сырье» является динамическим регистром сведений. При заполнении данных в документах все данные записывается автоматически в регистр сведений «Цены на сырье», и отображаться в дальнейшем при работе в ИС. Это обусловлено тем, что цены на сырье являются величиной часто изменяемой.

Вкладка «Продажа», состоит из двух разделов: раздел документов и справочников. Раздел документов состоит из пунктов: «Заказ», «Расход ТМЗ», «Списание ТМЗ», «Остатки сырья», «Готовая продукция обороты». Раздел справочников содержит пункты «Готовая продукция», «Цены готовой продукции», «Склады», «Контрагенты».

Документ «Заказ», является основой работы данной ИС. В процессе работы с данным документом первым этапом пользователь оформляет заказ на производство по выпуску готовой продукции, вводит наименование необходимой продукции и количество продукции. Цена готовой продукции, прописана в регистре сведений, является редко изменяемой величиной, поэтому и храниться в регистре сведений как постоянная величина. В случае изменения цен на сырье и увеличение или уменьшение себестоимости выпускаемой продукции пользователь может поменять цену на товар. Сумма заказа автоматически рассчитывается системой.

Вторым этапом для выбранных позиций товаров, разработанная система автоматически отображает пользователю рецептуру на готовую продукцию, рисунок 5.

Рецепт готовой продукции

Добавить Еще ▾

N	Наименование	Количество	Единица измерения
1	Мука	0,2400	Кг
2	Масло	0,0200	Кг
3	Сахар	0,0030	Кг
4	Соль	0,0030	Кг
5	Дрожжи	0,0050	Кг
6	Мол.	0,1500	Кг

Рис. 5. Окно формирования рецептуры готовой продукции

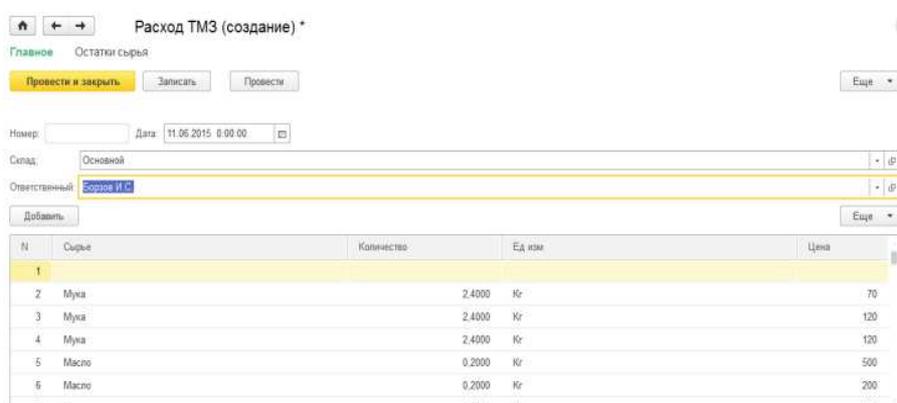
Третьим этапом система производит расчет необходимого количества сырья для выпуска данного заказа, на основе рецептов каждого вида продукции. Рецепт для каждого товара прописан в справочнике «Готовая продукция, рисунок 6.



N	Наименование	Количество	Единица измерения	Цена
23	Масло	0,2000	Кг	500
24	Масло	0,2000	Кг	200
25	Масло	0,2000	Кг	125
26	Масло	0,2000	Кг	125
27	Сахар	0,0300	Кг	120
28	Сахар	0,0300	Кг	120

Рис. 6. Окно расчета сырья на выпуск готовой продукции

Четвертый этап пользователь, осуществляет формирование документа на основании заказа. При нажатии на создание на основании, система автоматически списывает необходимого количества сырья для выпуска готовой продукции и формируется документ «Расход ТМЗ», рисунок 7.



N	Сырье	Количество	Ед. изм.	Цена
1				
2	Мука	2,4000	Кг	70
3	Мука	2,4000	Кг	120
4	Мука	2,4000	Кг	120
5	Масло	0,2000	Кг	500
6	Масло	0,2000	Кг	200
7	Масло	0,2000	Кг	125

Рис. 7. Окно формирование накладной по расходу сырья

После формирования «Расхода ТМЗ» и «Заказа», данные записываются автоматически в регистры накопления – «Готовая продукция обороты» и «Остатки сырья».

На основании регистра «Готовая продукция обороты», формируется отчетность по производству и отчеты по продажам.

В разделе справочники, пользователь осуществляет ввод входных данных в систему. Все данные автоматически проводятся в системе при заполнении пользователем все полей и реквизитов. Справочник «Цены на готовую продукцию» является постоянным регистром сведений. Справочник «Готовая продукция» является фундаментальным, на основании его происходит построение все документов ИС.

В справочнике «Готовая продукция», пользователь вводит наименование продукции, его отпускную цену, прописывает рецептуру данного товара. Код продукции присваивается автоматически. Также в ИС реализована функция добавления изображения выпускаемой продукции. На основании вводимой рецептуры при оформлении документа «Заказ», производится расчет сырья на выпуск данного заказа.

Справочник «Цены на готовую продукцию» является постоянным регистром сведений, поэтому цены на товар во всех документах прописывается автоматически.

Для обработки накопленной информации и получения сводных данных в удобном для просмотра и анализа виде в системе предназначены отчеты.

Как правило, для формирования выходных данных отчет использует систему компоновки данных, но также может содержать произвольный алгоритм формирования «бумажного» или «электронного» отчета на встроенном языке.

В рассматриваемой информационной системе разработаны следующие отчеты: отчет по остаткам, отчет по производству, отчет по сырью, отчет продаж.

Отчет по остаткам сырья формируется на основании регистра накопления «Остатки сырья», в котором указаны все операции по прибытию и убытию ТМЗ. В отчете показан объем сырья поступившего на склад, объем расхода сырья на выпуск готовой продукции, списание сырья и фактический остаток. На рисунке 8 показана форма «Отчет по остаткам».

Сырье	Приход	Расход	Цена	Сумма приход	Сумма расход	Сумма остаток	Количество остаток
Дрожжи	20.0000	1.9600	20	400	39,2	360,8	18,04
Орех	47.0000	1.5000	500	23.500	750	22.750	45,5
Орех	47.0000	1.5000	250	11.750	375	11.375	45,5
Творог	10.0000	1.8800	250	2.500	470	2.030	8,32
Соль	27.0000	1.1800	30	810	35,4	774,6	26,814
Масло	64.0000	7.9400	200	12.800	1.588	11.212	56,06
Моло	260.0000	34.8800	70	14.000	6.644,6	2.355,4	100,12
Масло	64.0000	7.9400	125	8.000	992,5	7.007,5	56,06
Сахар	17.0000	1.1800	100	2.040	143,62	1.896,38	1,28
Корица	6.0000	4.7200	650	3.900	3.068	832	1,28
Пшеница	12.0000	5.1800	150	2.160	918	1.242	8,3
Мед	45.0000	18.0000	500	22.500	9.000	13.500	27
Соль	27.0000	1.1800	68	1.936	80,648	1.755,352	26,814
Булочки	21.0000	0.5600	120	2.520	67,2	2.452,8	20,44
Мед	45.0000	1.0000	1.000	45.000	18.000	27.000	27
Кунжут	10.0000	18.0000	45	450	810	360	10

Рис. 8. Форма «Отчета по остаткам»

В данном отчете реализованы два вида представления: основной и диаграмма для более высокой наглядности. Отчет содержит в себе объемы и динамику продаж по каждому виду готовой продукции (рисунок 9).

Готовая продукция	Количество
Булочка мажоран	60.0000
Булочка вишневая	56.0000
Булочка астра	30.0000
Булочка розалие	9.0000
Пирог "Венюк"	5.0000
Пирог "Буцети"	4.0000
Булочка Баулиа	4.0000
Пирог ассорти	2.0000
Итого	169.0000

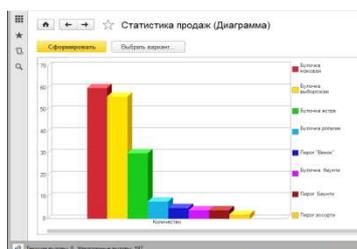


Рис. 9. Отчета продаж

Рассмотренная система позволяет контролировать основные потоки информации:

- приход и расход ТМЗ;
- рецептуры готовых товаров;
- объемы продаж;
- динамику продаж;
- количественный и стоимостной остаток сырья на складе.

Контроль состояния этих потоков позволяет руководителям отделов эффективно управлять их работой:

- максимизация продуктивности деятельности за счет оптимального планирования и использования ресурсов производства;
- быстрый поиск заказов;
- сокращения ручного ввода за счет применения справочников и исключения двойного ввода информации;
- компьютерная подготовка документов, таких как расход ТМЗ и стоимость заказа;
- эффективное отслеживание динамики продаж;
- повышения качества выпускаемой продукции.

Список литературы:

1. Радченко М.Г. 1С:Предприятие 8.2. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы.- М: ООО«1С-Паблицинг», 2010.-512 с.

ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ ERP-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОРГОВЫХ КОМПАНИЙ

Ю.К. Шакирова, ст.преп., Н.К. Савченко, ст.преп., Е.Г. Ключева, ст.преп.

Карагандинский государственный технический университет

100027, Караганда, пр. Назарбаева 56, тел. 8(7212)56-57-44; (вн.1023)

E-mail: uliya_sch@mail.ru

Аннотация: В работе рассматриваются возможности внедрения автоматизированной информационной системы торговой компании как средства конкурентоспособности предприятия на рынке. Описаны

вается структура разработанной системы, введенной в эксплуатацию. Подробно рассмотрены отчеты, формируемые системой. Сделаны выводы об эффективности системы для работников компании.

Abstract: The paper considers the possibility of introducing an automated information system of a trading company as a means of enterprise competitiveness in the market. The structure of the developed system put into operation is described. Considered in detail the reports generated by the system. Conclusions about the effectiveness of the system for employees of the company are done.

Ключевые слова: ERP-системы, 1С, автоматизация предприятия, автоматизированная информационная система.

Keyword: ERP-system, 1С, enterprise automation, automated information system.

На сегодняшний день конкурентоспособность предприятия на рынке должна с каждым днем увеличивать свой потенциал – это дает шанс для получения прибыли в будущем. Увеличение потенциала включает в себя совершенствование деятельности предприятия.

Повышение потенциала предприятия возможно за счет комплексного развития:

- корпоративной культуры на основе СМК (Системы Менеджмента Качества) - для повышения качества основных процессов на предприятии, что ведет к повышению качества выпускаемой продукции;
- методики ведения бизнеса - для сокращения стоимости на выпуск товаров;
- инфраструктур бизнеса, базирующихся на IT-решениях, основой которых является ERP-система (Enterprise Resource Planning - планирование ресурсов предприятия) - для налаживания системы планирования и организации работ "точно вовремя".

Объекты и процессы прикладной области отражаются в решении 1С посредством объектов конфигурации. Таким образом, объекты конфигурации обеспечивают удобство манипулирования данными, характеризующими прикладные объекты и процессы. Сами данные объектов хранятся в реляционной базе данных (в виде таблиц, полей, индексов), при этом обеспечиваются вопросы оптимального быстродействия при больших объемах информации.

Автоматизация деятельности торговой компании позволит обеспечить эффективность процесса продаж товаров на предприятии, в оптовой и розничной торговле.

АИС должна позволять решать следующие задачи предметной области:

- оперативное оформление покупки и продажи товаров;
- повышение производительности труда;
- управление ценообразованием;
- хранение контактной информации о клиентах, контактных лицах контрагентов;
- планирование продаж и закупок;
- учет прихода и продаж товаров;
- отчетность по ключевым позициям деятельности предприятия;
- автоматизация рутинных операций.

При использовании АИС менеджер оформляет приходные и расходные документы, вносит данные о новых товарах, осуществляет переоценку существующих с ориентацией на экономическую ситуацию на рынке.

Документы предназначены для ввода первичной информации, связанной с регистрацией событий, воздействующих на учитываемые в системе показатели. Документирование событий – основа практически любой модели бизнес-приложений. Основное назначение документов – регистрация информации о происходящих событиях с привязкой ко времени [1]. В разработанной ERP – системе существуют документы, представленные на рисунке 1.

Документ «ЗаказыПокупателей» регистрирует заказ покупателя на определенный товар. Документ «ЗаказыПоставщикам» регистрирует исходящий заказ поставщику. Структура документов позволяет внести необходимую информацию, представлена на рисунке 2.

Журналы документов позволяют объединить несколько документов по одной теме в один список. В АИС существуют «ЖурналДокументовПокупателей» и «ЖурналДокументовПоставщиков», содержащие документы, оформляемые при работе с покупателями и поставщиками соответственно. Объект конфигурации «Перечисление» предназначен для описания структуры хранения постоянных наборов значений, не изменяемых в процессе работы конфигурации. На основе объекта конфигурации «Перечисление» платформа создает в базе данных таблицу, в которой может храниться набор некоторых постоянных значений. Набор всех возможных значений, которые содержит перечисление, задается при конфигурировании системы, и пользователь не может изменять их, удалять или добавлять новые.

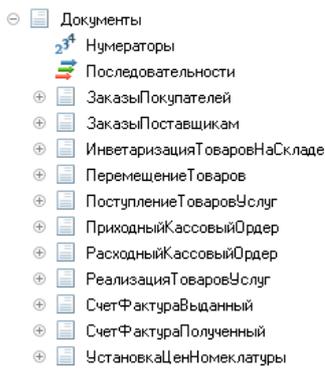


Рис. 1. Документы системы

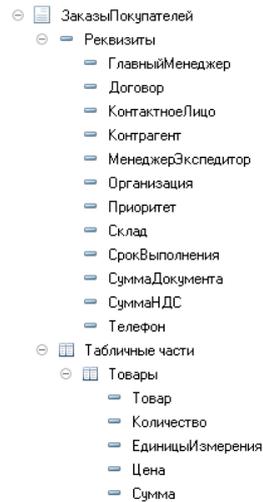
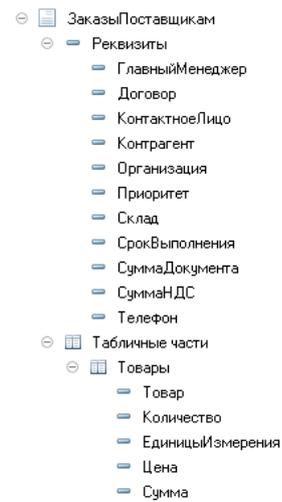


Рис. 2. Структура документов «Заказы Покупателей» и «Заказы Поставщикам»



Регистры сведений предназначены для описания структуры хранения данных в разрезе нескольких измерений. В разработанной АИС определены следующие регистры сведений: «Все Цены» и «Цены Поставщиков».

Основным назначением регистра накопления является накопление числовой информации в разрезе нескольких измерений. В данной АИС определены следующие регистры накопления: «Задолженности», «Заказы Клиентов», «Заказы Поставщикам», «Остатки Номенклатуры», «Продажи».

Главная форма системы в режиме администратор представлена на рисунке 3.

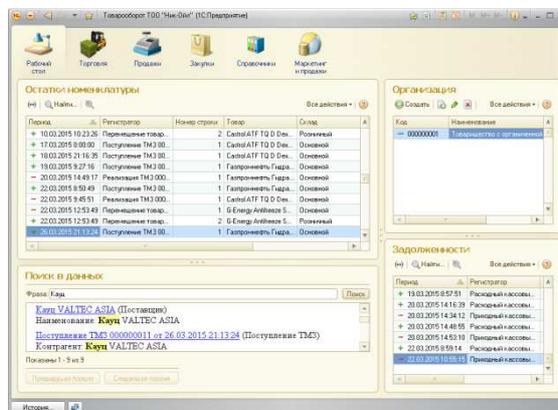


Рис. 3. Главная форма интерфейса пользователя Администратор

На рисунке 4 показана форма «Договоры контрагентов».

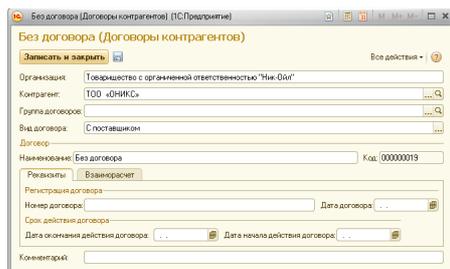


Рис. 4. Форма элемента справочника «Договор контрагента»

В системе предусмотрены семь видов отчетов, позволяющих производить оперативный анализ данных о деятельности предприятия:

- «Выручка менеджеров»;
- «Динамика продаж»;
- «Материальная ведомость»;
- «Отчет по контрагентам»;
- «Спрос на товар»;
- «Заказы покупателей»;
- «Заказы поставщикам».

Отчет «Выручка менеджеров» представлен на рисунке 5. Преимущество диаграмм перед другими типами наглядной статистической информации заключается в том, что они позволяют быстро произвести логический вывод из большого количества полученных данных. Для формирования отчета необходимо задать период, в результате чего сформируется подробный отчет по каждому менеджеру и его выручке. С помощью фильтров есть возможность получения информации по работе конкретного менеджера, а также клиента организации.

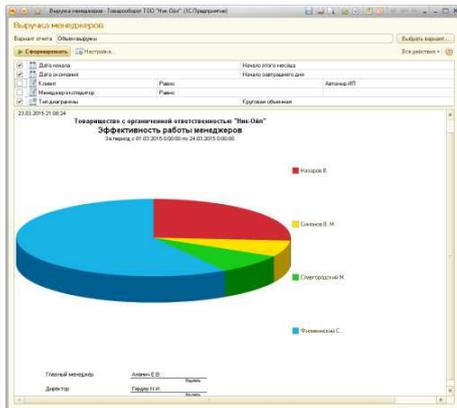


Рис. 5. Отчет «Выручка менеджеров» в варианте «Объем выручки»

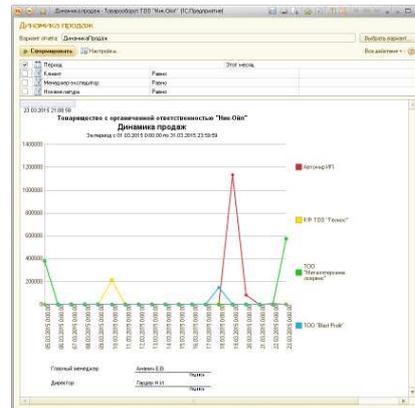


Рис. 6. Отчет «Динамика продаж»

Отчет «Динамика продаж» позволяет оценить время наибольшего спроса на товар в наглядном виде. Форма отчета приведена на рисунке 6. С помощью настройки фильтров можно получить подробную информацию в какой период времени была наибольшая нагрузка на сотрудника и какой клиент совершил больше всего покупок.

Основным, и наиболее часто формируемым отчетом является отчет «Материальная ведомость» на рисунке 7, отражающий информацию о наименовании товара, его расположении, ценах и количестве на складах.

Марка/Товар	Склад	Цена приходящая новая	Цена для розницы	Цена для оптовых	Количество Начальный остаток	Количество Приход	Количество Расход	Количество Конечный остаток	
Castrol									
Castrol ATF TO D Dex II 1л	Розничный	1 500,00	1 650,00	1 575,00	1 000	217	1 012	20	
Castrol ATF TO D Dex II 1л	Осевой	1 500,00	1 650,00	1 575,00	1 000	212	1 012	20	
G-Energy									
G-Energy ArctiFreeze SNF 40 красный (200л)	Розничный	71 636,00	82 372,20	78 730,80		8	7	2 691	
G-Energy Expert L 10w/40 1л	Осевой	359,00	357,10	339,40		5		45	
G-Energy G-Box ATF Tec Rad 4л	Осевой	3 105,00	3 270,25	3 415,50		84		5	
G-Energy G-Prot MSJ 10w/30 205л	Осевой	125 239,00	144 128,35	137 691,90		1			
G-Energy S Synth 10w/40 205л	Осевой	103 154,00	118 626,60	113 440,40		8			
G-Energy S Synth 10w/40 60л	Осевой	61 483,00	70 705,45	67 631,30		24		2	
G-Energy S Synth 10w/40 1л	Осевой	646,00	742,90	710,60		216		21	
G-Energy Expert L 10w/40 1л	Осевой	2 104,00	2 413,60	2 314,40		336		35	
G-Energy Expert L 10w/40 205л	Осевой	87 331,00	100 430,65	96 054,10		8			
G-Energy G-Prot MSJ Plus 15w/40 205л	Осевой	83 252,00	95 854,80	91 687,20		8			
G-Energy ArctiFreeze SNF 40 красный (200л)	Осевой	71 636,00	82 372,20	78 730,80		4	3	6	
G-Energy ArctiFreeze SNF красный (полц) 220лг	Осевой	112 148,00	129 970,20	123 362,80		4			
G-Energy G-Box Expert GL-5 75w/90 4л	Осевой	3 513,00	4 029,95	3 854,30		84		6	
G-Energy G-Box Expert GL-5 75w/90 1л	Осевой	924,00	1 062,60	1 016,40		516		51	
G-Energy G-Box Expert GL-4 75w/90 1л	Осевой	2 453,00	2 820,95	2 696,30		216		21	
G-Energy G-Box Expert GL-4 75w/90 4л	Осевой	3 271,00	3 789,65	3 686,10		184		6	
G-Energy G-Box ATF Dex II 1л	Осевой	789,00	906,20	866,80		216		21	
G-Energy G-Box ATF Dex II 1л	Осевой	1 040,00	1 205,20	1 152,80		432		42	
Газпромнефть-СМ									
Газпромнефть Гидралик NLP-32 205л (179л)	Осевой	82 500,00	99 000,00	94 075,00		7		14	
Газпромнефть Гидралик NLP-40 205л (160л)	Осевой	63 745,00	82 500,00	67 100,00		3			
Итого						3 683	232	1 033	2 88

Рис. 7. Отчет «Материальная ведомость»

Информацию о контрагентах, делающих наиболее крупные покупки в организации, можно получить из отчета «Отчет по контрагентам», представленном на рисунке 8.

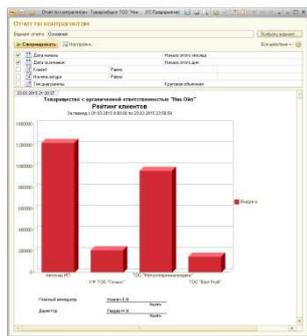


Рис. 8. Отчет «Отчет по контрагентам»

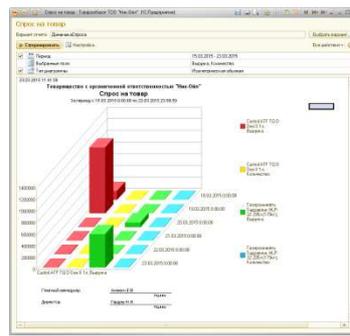


Рис. 9. Отчет «Спрос на товар»

Популярность товара отражает отчет «Спрос на товар», представленный на рисунке 9. С помощью настройки выбранных полей отчет может наглядно предоставить информацию отдельно по выручке и по количеству проданного товара.

На основании документов «Заказы поставщику» и «Заказы покупателей» могут быть сформированы соответствующие отчеты, позволяющие просмотреть все заказы. Отчет «Заказы от покупателей» представлен на рисунке 10. Невыполненные заказы выделяются зеленым цветом. В случае если до выполнения заказа от покупателя остается меньше недели, дата выделяется красным цветом. В случае отчета «Заказы поставщику» красным цветом выделяется дата, если срок выполнения превышает текущую дату, в остальном форма аналогична отчету «Заказы покупателей».

Заказ	Документ	Контрагент	Приоритет	Срок выполнения	Сумма
Заказ от покупателя 000000008 от 20.03.2015 14:54:39	Реализация ТМЗ и услуг 000000018 от 22.03.2015 9:45:51	Ив говир ИП			
Заказ от покупателя 000000003 от 23.02.2015 0:00:00	Реализация ТМЗ и услуг 000000019 от 23.03.2015 9:27:30	ТОО "Металтерминалсервис"			
Заказ от покупателя 000000003 от 23.02.2015 0:00:00	Реализация ТМЗ и услуг 000000008 от 06.02.2015 20:13:17	ТОО "Металтерминалсервис"			
Заказ от покупателя 000000003 от 23.02.2015 0:00:00	Реализация ТМЗ и услуг 000000009 от 06.02.2015 21:06:24	ТОО "Металтерминалсервис"			
Заказ от покупателя 000000004 от 05.03.2015 16:20:22	Реализация ТМЗ и услуг 000000013 от 09.03.2015 20:45:47	ТОО "Металтерминалсервис"			
Заказ от покупателя 000000005 от 05.03.2015 16:22:56	Реализация ТМЗ и услуг 000000013 от 09.03.2015 20:45:47	ТОО "Металтерминалсервис"			
Заказ от покупателя 000000006 от 05.03.2015 16:23:44	Реализация ТМЗ и услуг 000000012 от 09.03.2015 16:40:09	ТОО "Металтерминалсервис"			
Заказ от покупателя 000000007 от 22.03.2015 11:13:06	Реализация ТМЗ и услуг 000000012 от 09.03.2015 16:40:09	ТОО "Металтерминалсервис"	Средний	2015.03.15	

Рис. 10. Отчет «Заказы покупателей»

В результате использования описанной АИС предприятие получает следующие возможности:

- компьютеризация и оптимизация документов торговой деятельности;
- быстрый доступ к справочной информации по товарным запасам;
- контроль заказов покупателей и поставщикам;
- быстрый поиск интересующей информации в базе данных;
- анализ существующей рыночной ситуации и планирование закупочной и реализационной деятельности.

При использовании АИС менеджер оформляет приходные и расходные документы, вносит данные о новых товарах, осуществляет переоценку существующих с ориентацией на экономическую ситуацию на рынке.

АИС позволит контролировать основные потоки информации:

- товары отгруженные и в наличии;
- покупателей и поставщиков;
- дебиторскую и кредиторскую задолженность;
- спрос на определенную категорию товаров.

Контроль состояния этих потоков позволяет менеджерам делать на их основании соответствующие выводы и использовать в дальнейшем для:

- контроля снабжения складов товарами;
- хранения и редактирования информации о покупателях и поставщиках, анализа их товарооборота;
- анализа платежеспособности контрагентов;
- сокращения ручного ввода за счет применения справочников;
- компьютерной подготовки документов;
- наглядного представления популярности категории товаров.

Список литературы:

1. Радченко М.Г. 1С:Предприятие 8.2. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы.- М: ООО«1С-Публишинг», 2010.-512 с.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО ОПАСНОСТЬ

*С.П.Бондаренко, А.О.Лошенко, студенты группы 457,
Боровикова А.В., преподаватель проф.цикла
ГПОУ Юргинский технологический колледж
652050, Кемеровская обл., г.Юрга, ул. Заводская, 18
89235087017, sergey.bondarenko457@gmail.com*

Аннотация: Развитие искусственного интеллекта однажды приведёт к превосходству его над умственными способностями человека. Однако не станет ли это опасным для человечества? Изучить ситуацию можно в результате более точного определения понятия ИИ..

Annotation: The development of artificial intelligence will one day lead to its superiority over the mental abilities of man. However, it will not be a threat to humanity? The situation can be studied as a result of a more precise definition of the concept of AI.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, ЭВМ, управление, системы, нейросеть, машины.

Key words: Artificial intelligence, COMPUTER, management, systems, neuronet, machine, danger.

В эпоху быстрого развития вычислительных мощностей ЭВМ и всё чаще появляющихся новостях об успехах развития нейросетей, учёные начинают говорить об ИИ (искусственном интеллекте), как о важном этапе в развитии человеческой цивилизации. Вместе с тем, есть люди, учёные и не только, которые предостерегают человечество о возможных последствиях развития ИИ. Так, известный предприниматель Илон Маск говорит об ИИ, как о «самом большом риске, с которым сталкивалось человечество, как цивилизация». А известнейший физик Стивен Хокинг заявляет, что «...искусственный интеллект может полностью заменить людей». Неудивительно, что в современном искусстве тема порабощения человечества искусственным интеллектом очень популярна (например, культовая франшиза «Терминатор» повествует о войне человечества и ИИ «Скайнет»). В связи с таким большим разнообразием мнений по этому поводу, обычный человек задаётся вопросом «Так опасен ли искусственный интеллект?». В этой статье мы попытаемся разобрать этот вопрос с разных ракурсов.

Поздним вечером 19 марта 2018 года беспилотный автомобиль Uber, работающий под управлением нейросети, насмерть сбил переходящую дорогу женщину. Новость сразу же стало сенсацией, так как до этого подобных случаев не было. Некоторые новостные издания выставляли этот случай как «восстание машин». Чтобы понять действительно ли это восстание машин или же просто несчастный случай, необходимо понять, как вообще работают нейросети.

Нейросети работают по такому же принципу, как и нейроны в нашем мозге, но на куда более низком уровне. Нейросеть состоит из последовательности связанных между собой нейронов (это такие единицы, которые получают и передают информацию). К нейрону поступает входящая информация (входящий сигнал). Каждому такому сигналу программист присваивает определённый вес, который показывает важность этого параметра для определения конечного результата. Входящий сигнал перемножается на свой вес и получается значение, которое передаётся активационной функции. Именно она принимает конечное решение – достаточно ли сигнал сильный, чтобы продолжить его транслирование.

Простая нейросеть обычно состоит из 3-х уровней: входящие нейроны, промежуточный слой нейронов и нейрон на выходе. Передаются сигналы в такой нейронной сети только вперед (Рисунок 1).

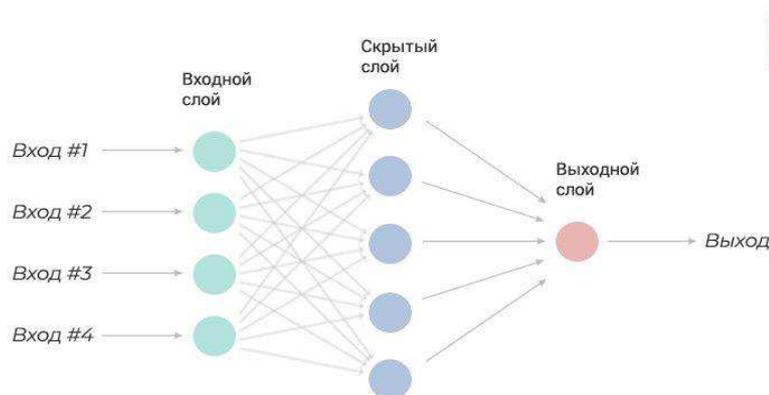


Рис. 1. Нейросеть

Чтобы более подробно понять принцип работы нейросети, рассмотрим пример. Итак, Вам надо создать нейросеть, которая будет решать, идти на занятия или нет. В качестве входных данных мы будем использовать два параметра: температура на улице и важность занятий в конкретный день. И тут возникает проблема максимализма: понятно, что мы пойдем на занятия, если на улице хорошая погода и в этот день важные занятия; и мы не пойдем, если на улице -30 и по-нашему мнению важных занятий нет. Но как быть, если на улице хорошая погода, но нет важных занятий; или наоборот – ужасная погода, но проходят важные занятия? Понятно, что для каждого из нас что-то будет важнее. Поэтому-то мы и присваиваем каждому параметру вес (уровень важности). В простой нейросети т.н. взвешенное значение, как уже было описано ранее, получается простым перемножением, например, значения температуры на его вес. Допустим, нам важнее значимость занятий больше, чем температура, поэтому к важности приписываем вес 0.7, а к температуре – 0.3. Ещё может возникнуть вопрос: в каком виде подаются значения температуры и важности занятий? В нейросетях это числовые значения. Например, под температурой мы возьмём градусы Цельсия, значения которого могут достигать 30, а важность будем оценивать по какой-то своей собственной 10-балльной шкале. Т.е. в один нейрон будут подаваться значения от 0 до 30, а во второй от 0 до 10. Проблема заключается в том, что числа совершенно не равны. Для решения этой проблемы применяется т.н. нормализация входных данных, то есть приведение значений с разными пределами к общему.

Таким образом, значение температуры умножается на 0.3, а значение важности занятий на 0.7. И теперь, если сумма взвешенных значений выше установленного порога, то нейросеть скажет идти на занятия. А если ниже этого порога, то мы останемся дома. Более продвинутые нейросети не просто выдают значения «да» или «нет», но и выражают их в процентах. Корректируя веса и добавляя новые признаки, нейросеть становится умнее. Собственно, в корректировке весом и заключается процесс обучения нейросетей.

Итак, мы разобрались с тем, как работают нейросети. Теперь можно вернуться к вопросу: то, что произошло 19 марта – стечение обстоятельств или восстание машин? Очевидно, что даже самую продвинутую нейросеть создаёт человек, она не может сама мыслить, не обладает разумом. Поэтому ни о каком восстании машин, по крайней мере пока, не может идти и речи. Беспилотная машина проходила тестирование и на случай непредвиденных ситуаций в ней сидел водитель, но он отвлекся, а сбитый пешеход переходил дорогу в неполюженном месте. К сожалению, никто бы не мог предотвратить эту смерть.

Мы разобрались, что конкретно этот случай точно не «восстание машин», но открытым остается вопрос: «Может ли ИИ убивать специально, и представляют ли опасность беспилотные автомобили?».

Беспилотный автомобиль лишён недостатков человека – он не отвлекается, не засыпает, ему не мешает яркое солнце или кромешная темнота. Беспилотный автомобиль постарается всеми силами предотвратить аварию, но, если это невозможно, он постарается минимизировать ущерб. Для этого ему прописывают систему штрафов. Например, если такой автомобиль сбил собаку, то он получит 5 штрафных баллов, за старика – 50 баллов, за ребенка – 100 баллов. Задача машины набрать как можно меньше баллов. Учёные из MIT решили спросить, как поступать в том или ином случае у людей. На сайте MoralMachine вы можете побыть в роли беспилотного автомобиля и самим совершить моральный выбор.

В конечном итоге, именно человек прописывает машине правила, как поступить в той или иной ситуации. Машине не придется выбирать, кого спасти, а кем пожертвовать. Выбирать придется человеку, который задает ей правила. Всё это похоже на классическую проблему вагонетки. Проблема вагонетки – это ситуация, когда 5 человек привязаны к рельсам и на них едет вагонетка с одним человеком внутри. Вы можете изменить направление движения вагонетки в другую сторону, на которой привязан один человек. Вам предстоит сделать выбор – убить одного человека или не делать ничего, и дать вагонетке переехать пятерых. Здесь нет правильного ответа: вы можете действовать по принципу меньшего зла или наоборот не вмешиваться.

Итак, мы поняли, что нейросети еще недостаточно развиты для обретения разума. Даже самая продвинутая нейросеть, созданная человеком, гораздо проще любого биологического мозга. Единственная реальная угроза, исходящая от искусственного интеллекта в данный момент — это массовая безработица.

Нейросеть хоть и не обладает разумом, но в решении конкретно поставленной задачи нейросеть быстро обходит человека. Так, нейросеть уже обходит человека в игре в шахматы. Роботы будут лучше человека водить машины, давать диагнозы, регулировать экономику и т.д. Неудивительно, что по проведенному исследованию VCG треть россиян боятся потерять работу из-за ИИ.

Таким образом, искусственный интеллект развит крайне слабо, чтобы говорить о его опасности для человечества. К тому же пользы от него несоизмеримо больше даже сейчас. Боятся его определенно не стоит. Да, безработица имеет место быть, но на замену профессиям, занятых ИИ, придут новые, недоступные для интеллекта машины. Например, разработка нейросетей.

Список литературы:

1. Нейронные сети для начинающих [Электронный ресурс] / режим доступа: <https://habr.com/ru/post/312450/> Дата обращения (5.04.2019)
2. Как работают нейронные сети: о сложной системе простыми словами [Электронный ресурс] / режим доступа: <https://robo-hunter.com/news/kak-rabotayt-neironnie-seti-o-slojnoi-sisteme-prostimislovami14200> Дата обращения (6.04.2019)
3. Lenta.ru [Электронный ресурс] / режим доступа: <https://lenta.ru/news/2018/03/19/uberzadavil/> Дата обращения (10.04.2019)
4. Человечество в опасности: Илон Маск призвал регулировать искусственный интеллект [Электронный ресурс] / режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/347945-chelovechestvo-v-opasnosti-ilon-mask-prizval-regulirovat-iskusstvennyy-intellekt> Дата обращения (15.04.2019)
5. Хокинг: искусственный интеллект - угроза человечеству [Электронный ресурс] / режим доступа: https://www.bbc.com/russian/science/2014/12/141202_hawking_ai_danger Дата обращения (10.04.2019)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP32 СОВМЕСТНО С ГИРОПРИБОРАМИ MPU-6050 И BNO055 ПРИ СОЗДАНИИ САМОБАЛАНСИРУЮЩИХ РОБОТОВ

М.В. Момот^{1,а}, к.т.н., П.М. Момот² студенты группы 5А74

¹*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

Томского политехнического университета,

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

²*Томский политехнический университет*

^а*E-mail: momotmvu@yandex.ru*

Аннотация: Статья посвящена анализу возможностей электронных приборов, таких как гироскоп, акселерометр, магнитометр. Приводятся результаты тестирования и действующие алгоритмы. Анализируются возможности их применения в разных вариантах расчетов. Делаются выводы по развитию возможностей и устранению недостатков полученной комплексной системы позиционирования робота.

Abstract: Article is devoted to the analysis of opportunities of electronic devices, such as gyroscope, accelerometer, magnetometer. Results of testing and the operating algorithms are given. Possibilities of their application in different options of calculations are analyzed. Conclusions on development of opportunities and elimination of shortcomings of the received complex system of positioning of the robot are drawn.

Ключевые слова: гироскоп, акселерометр, магнитометр, BNO055, MPU5060, самобалансирующий робот.

Keyword: gyroscope, accelerometer, magnetometer, BNO055, MPU5060, the self-balancing robot.

При попытке сбалансировать в неустойчивом верхнем положении двухколесного моторного робота, которого иногда называют обратным маятником, нужно решить задачу противодействия силам, стремящимся его уронить (начать балансировать). К таким силам в первую очередь относится сила тяжести. Простейший способ балансировки заключается в анализе угла наклона робота и создании пропорционального противодействия доработкой ходовой робота.

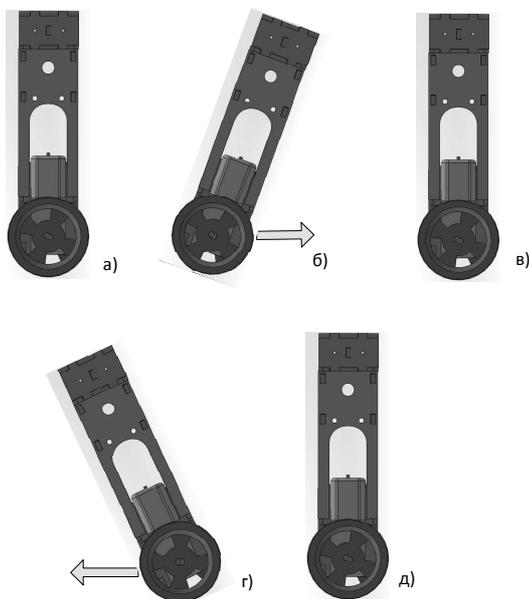


Рис. 1. Этапы балансировки обратного маятника



Рис. 2. Простейший алгоритм балансировки

Рассмотрим данную ситуацию на примере. На рисунке приведены варианты отклонений робота от неустойчивого равновесного состояния: Если робот из состояния а) склонился в состояние б), то следует предпринять определенное перемещение, направленное в сторону склонения, в результате чего робот, обладая инерционностью, будет возвращен в равновесное состояние. Конечно, важно не только направление противодействующего перемещения, но его скорость и продолжительность. Недостаточная скорость не позволит компенсировать скорость падения, и робот все равно упадет, тоже произойдет, если недостаточным будет длительность (об этом еще поговорим). Слишком высокая скорость и/или длительность перемещения может привести к обратному эффекту, когда робот проскочит точку равновесия и отклонится в обратную сторону (состояние г.).

Самая простая формула балансировки робота приведена ниже.

$$Speed_{motor} = A \times Kp, \quad (1)$$

где A – угол склонения робота (со знаком), Kp – коэффициент пропорциональности, $Speed_{motor}$ – скорость компенсирующего движения.

Для того чтобы робот не упал, следует производить коррекцию его скорости регулярно с некоторой частотой (зависит от типов двигателей и высоты центра масс робота относительно поверхности движения). В случае робота описанного ниже его корректировка производится каждые 5 миллисекунд. Алгоритм балансировки будет выглядеть как показано на рис.2. Не забываем, что угол наклона при склонении в разные стороны будет иметь разный знак, это подразумевает разное противодействующее направления вращения колес.

Последнее время, для подобных измерений используется комбинированный прибор: гироскоп, акселерометр, магнитометр BNO055, его использование значительно упрощает реализацию систем позиционирования робота, но он достаточно редок и отличается высокой стоимостью, поэтому для получения значений угла наклона робота будем рассматривать наиболее доступным на сегодняшний день комбинированный (гироскоп-акселерометр) MPU-6050.

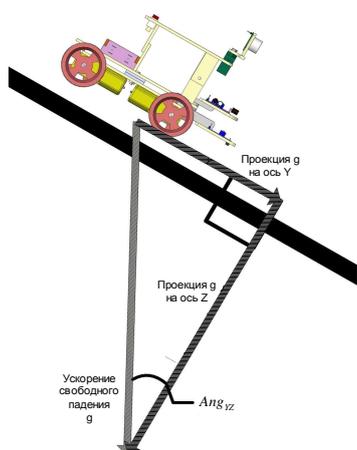


Рис. 3. Нахождение угла отклонения от вертикали (робот неподвижен)

Для точного измерения объект должен быть неподвижен или двигаться без ускорения. В этом случае на него действует только сила притяжения, и следовательно прибор измеряет только проекции ускорения свободного падения на оси акселерометра.

На рис. изображен неподвижный объект (робот) на наклонной плоскости. Координатная ось Y акселерометра робота направлена вперед, ось Z – вниз под прямым углом к наклонной плоскости, ось X – к наблюдателю (не используется). Искомый угол отклонения объекта от вертикали Ang_{YZ} находится по формуле:

$$Ang_{YZ} = arctg\left(\frac{a_Y}{a_Z}\right), \quad (2)$$

где a_Y – проекция ускорения свободного падения на ось Y акселерометра, a_Z – проекция на ось Z .

Соберем два стенда и попытаемся получить угол наклона робота.

В качестве микроконтроллера можно использовать большинство плат из семейства Arduino, мы же остановимся на наиболее симпатичной, на сегодняшний день, плате на основе контроллера ESP32. Как подключить поддержку для ESP32 в ArduinoIDE можно прочесть по ссылке <http://zizibot.ru/articles/electronics/mobile-robot-on-esp32-and-shagovikakh/>.

Принципиальных отличий при подключении двух различных гиросенсоров: MPU-6050 и BNO055 нет, оба не требовательны к питанию (хорошо себя чувствуют при напряжении 3.3в), оба подключаются к шине обмена данными I2C.

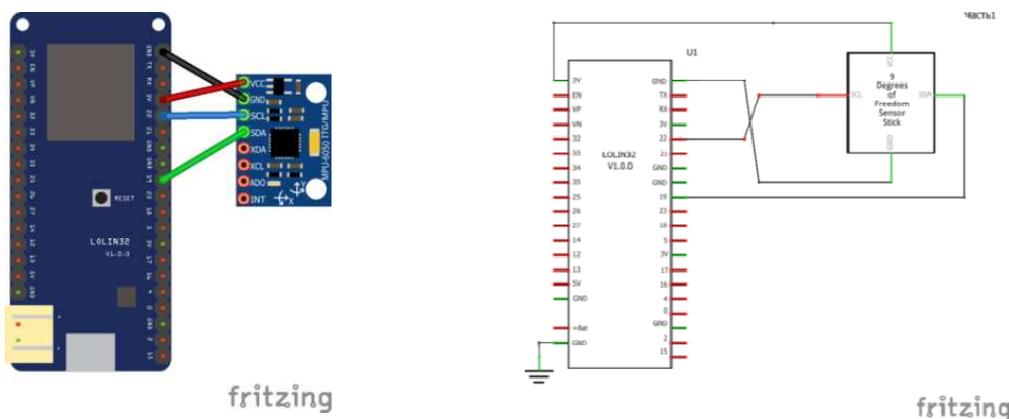


Рис. 4. Подключение MPU5060 к ESP32

Но, если MPU-6050, это только измерительный прибор, измеряющий угловую скорость и проекции вектора ускорения на оси прибора, то BNO055 содержит электронный магнитометр и встроенный микроконтроллер, который производит большинство промежуточных вычислений и может выдавать окончательные значения для использования в реальных задачах, например это могут быть углы Эйлера.

Тестирование функций BNO055 и более подробную информацию можно получить из статьи <http://zizibot.ru/directory/sensor/bno055/>

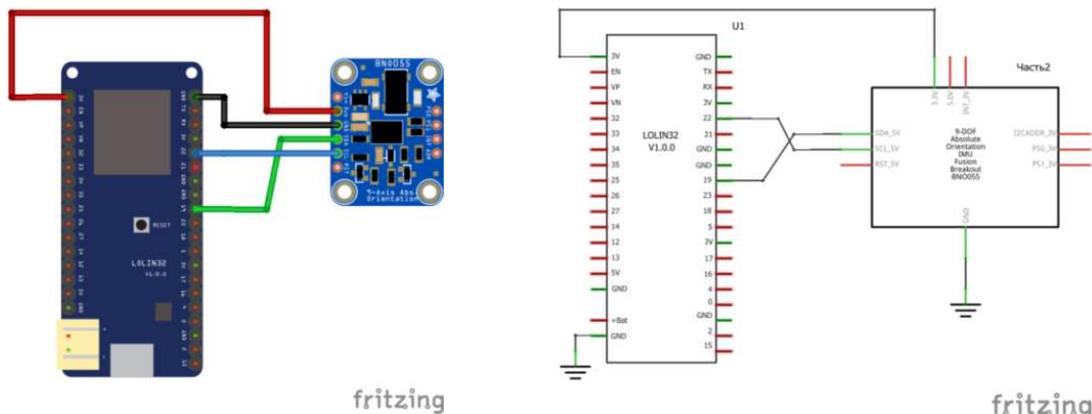


Рис. 5. Подключение BNO055 к ESP32

Так как это стенды, то отдельного питания на них подавать не нужно, оно будет поступать по usb-кабелю служащему для программирования. Кабель должен быть качественный и, по возможности новый, способный передавать токи до 500mA без нагрева, это связано с требованиями по питанию контроллера ESP32.

Для работы с MPU-6050 воспользуемся библиотекой от Korneliusz Jarzebski: <https://github.com/jarzebski/Arduino-MPU6050>. Я не буду устанавливать данную библиотеку в ArduinoIDE стандартными средствами, а скопирую её в каталог с тестовой программой. Потребуется заменить `#include < MPU6050.h>` на `#include "MPU6050.h"` в основной программе и файле MPU6050.cpp. Также, в связи с измененным подключением функций I2C для ESP32, нужно выполнить корректировку кода в MPU6050.cpp, как показано на рисунке.

```
#include "MPU6050.h"

bool MPU6050::begin(mpu6050_dps_t scale, mpu6050_range_t range, int mpua)
{
    // Set Address
    mpuAddress = mpua;

    Wire.begin(19,22); //Wire.begin(); //
```

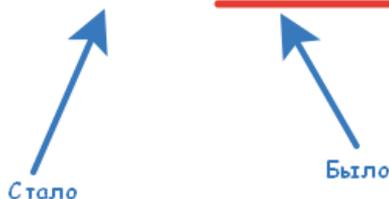
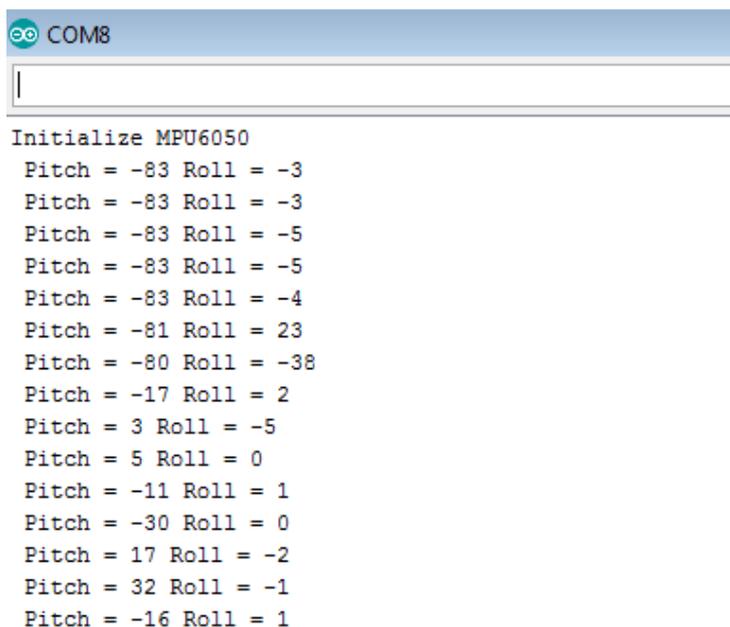


Рис. 6. Внесенные изменения для работы с I2C

Теперь загрузим в ESP32 следующий код, он показывает значения углов наклона, используя данные от акселерометра MPU-6050.

```
#include <Wire.h>
#include "MPU6050.h"
MPU6050 mpu;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Initialize MPU6050");
  while(!mpu.begin(MPU6050_SCALE_2000DPS, MPU6050_RANGE_2G))
  {
    Serial.println("Could not find a valid MPU6050 sensor, check wiring!");
    delay(500);
  }
}
void loop()
{
  // Read normalized values
  Vector normAccel = mpu.readNormalizeAccel();
  // Calculate Pitch & Roll
  int pitch = -(atan2(normAccel.XAxis, sqrt(normAccel.YAxis*normAccel.YAxis + normAccel.ZAxis*normAccel.ZAxis))*180.0)/M_PI;
  int roll = (atan2(normAccel.YAxis, normAccel.ZAxis)*180.0)/M_PI;
  // Output
  Serial.print(" Pitch = ");
  Serial.print(pitch);
  Serial.print(" Roll = ");
  Serial.print(roll);
  Serial.println();
  delay(50);
}
```

Рис. 7. Программа тестирования MPU-5060



```
COM8
Initialize MPU6050
Pitch = -83 Roll = -3
Pitch = -83 Roll = -3
Pitch = -83 Roll = -5
Pitch = -83 Roll = -5
Pitch = -83 Roll = -4
Pitch = -81 Roll = 23
Pitch = -80 Roll = -38
Pitch = -17 Roll = 2
Pitch = 3 Roll = -5
Pitch = 5 Roll = 0
Pitch = -11 Roll = 1
Pitch = -30 Roll = 0
Pitch = 17 Roll = -2
Pitch = 32 Roll = -1
Pitch = -16 Roll = 1
```

Рис. 8. Результаты работы программы

Немного изменим функцию loop, чтобы воспользоваться встроеным в ArduinoIDE плоттером последовательного соединения. Оставим только вычисления угла наклона вокруг оси Y конец строки после окончания.

```

void loop()
{
  // Read normalized values
  Vector normAccel = mpu.readNormalizeAccel();
  // Calculate Pitch & Roll
  float pitch = -(atan2(normAccel.XAxis, sqrt(normAccel.YAxis*normAccel.YAxis + normAccel.ZAxis*normAccel.ZAxis))*180.0)/M_PI;
  float roll = (atan2(normAccel.YAxis, normAccel.ZAxis)*180.0)/M_PI;
  // Output
  // Serial.print(" Pitch = ");
  Serial.println(pitch);
  // Serial.print(" Roll = ");
  // Serial.print(roll);
  // Serial.println();
  delay(5);
}

```

Рис. 9. Программа тестирования MPU-5060 адаптированная под построение графика

Анализ показывает значительные колебания полученных значений. Для нижнего рисунка я плавно поворачивал MPU-6050 вокруг оси Y, но видны сильные колебания результирующего угла, это «шум», который не позволит нам получать адекватные значения угла, используя только данные акселерометра.

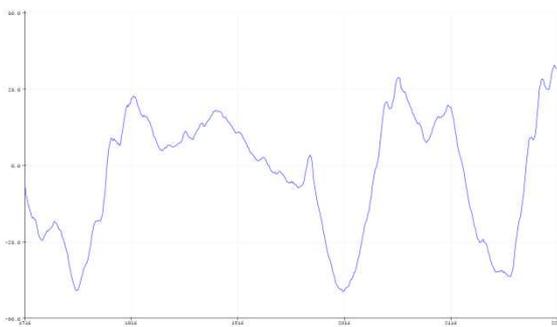


Рис. 10. Результаты работы программы в виде графика (1)

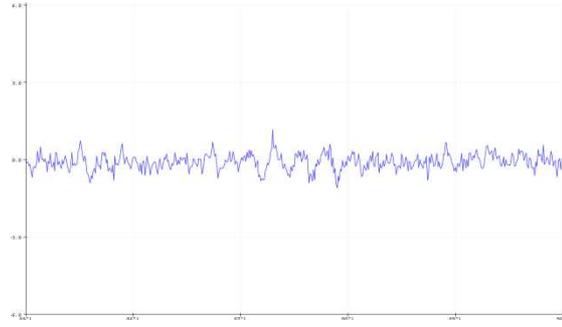


Рис. 11. Результаты работы программы в виде графика (2)

Следующий рисунок показывает, как ведет себя неподвижный акселерометр, разброс значений достигает двух градусов, что для балансирующего робота не допустимо.

```

#include <Wire.h>
#include "MPU6050.h"
MPU6050 mpu;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Initialize MPU6050");
  while (!mpu.begin(MPU6050_SCALE_2000DPS, MPU6050_RANGE_ZG))
  {
    Serial.println("Could not find a valid MPU6050 sensor, check wiring!");
    delay(500);
  }
}
double pitch_ac = 0; double roll_ac = 0; double pitch = 0;
double roll = 0; unsigned long tx = 0; unsigned long t2 = 0; double dt;
void loop()
{
  tx = micros();
  while (t2 > tx) tx = micros();
  t2 = tx + 5000;
  dt = 0.005;
  // Read normalized values
  Vector normGyro = mpu.readNormalizeGyro();
  // Calculate Pitch & Roll
  pitch = pitch + normGyro.YAxis * dt;
  roll = roll + normGyro.XAxis * dt;
  // Output
  Serial.print(" Pitch = ");
  Serial.print(pitch);
  Serial.print(" Roll = ");
  Serial.println(roll);
}

```

Рис. 12. Программа работы с гироскопическими данными

калибровки. В результате калибровки создаются три значения (калибровочные константы по каждой оси), которые затем отнимаются от значений, полученных от гироскопа.

За калибровку в библиотеке MPU6050.h отвечает функция `calibrateGyro()`. Ниже приведен пример программы с использованием калибровки. Отмечу, что после включения, стенд (MPU-6050)

Теперь рассмотрим, как использовать показания гироскопа. В отличие от акселерометра показания гироскопа не привязаны к определенной позиции, это только текущая угловая скорость. Для того, чтобы получить при помощи нее значение угла поворота, нужно знать предыдущее значение угла и добавить к нему изменение угла, которое есть произведение угловой скорости по выбранной оси на время в течении которого данная скорость действовала. Ниже приведен пример использования гироскопа для подсчета изменения угла.

Но, если внимательно изучить результат работы данной программы, становится очевидным, что даже при неподвижном состоянии полученные углы изменяются, этот эффект называется смещением нуля гироскопа и может быть легко устранен при помощи

в течение не менее 5 секунд должен быть неподвижен, в это время производится опрос гироскопа, и накопленная погрешность пересчитывается в качестве калибровочной. Всю программу я приводить не буду, изменения коснулись только функции `setup`.

```
#include <Wire.h>
#include "MPU6050.h"
MPU6050 mpu;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Initialize MPU6050");
  while (!mpu.begin(MPU6050_SCALE_2000DPS, MPU6050_RANGE_2G))
  {
    Serial.println("Could not find a valid MPU6050 sensor, check wiring!");
    delay(500);
  }
  mpu.calibrateGyro(1000); //
}
```

Рис. 13. Программа калибровки гироскопа

Запустите полученную программу, теперь, после калибровки, изменения угла при наклонах MPU-6050 стали много точнее, но все равно заметно накопление погрешности. К сожалению, при использовании только гироскопа, эту погрешность полностью устранить не возможно, она связана с дискретностью опроса прибора. Но, если объединить результаты работы гироскопа и акселерометра, добиться точных результатов можно.

Наиболее простым и эффективным способом объединения значений от электронного гироскопа и акселерометра является комплементарный фильтр.

$$A = 0.99(A + Asp \times dt) + 0.01 \times Aac, \quad (3)$$

где A – результирующий угол (в скобках, этот угол из предыдущей итерации расчета), Asp – текущая угловая скорость, dt – время от предыдущего опроса и расчета угла, Aac – угол, рассчитанный по показаниям акселерометра, 0.99 и 0.01 в сумме дают 1.0 и являются коэффициентами пропорциональности участия гироскопа и акселерометра в получении результата. Коэффициенты пропорциональности можно в небольшой степени изменять для достижения наилучшего результата. А ниже приведен результат работы нашей программы при плавном наклоне гироприбора – шумов нет, изменения углов происходит плавно.

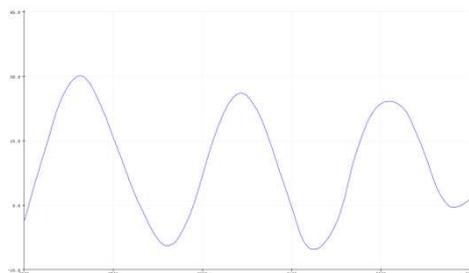


Рис. 14. Данные с гироскопа (стенд наклоняется)



Рис. 15. Данные с гироскопа (стенд неподвижен)

А здесь гироприбор неподвижен, и наклонен на $\sim 0.8^\circ$. Основные измерения производятся гироскопом, а при помощи акселерометра мы устраняем дрейф нуля.

Сравнение полученного угла по данным только гироскопа (синяя линия) и при помощи комплементарного фильтра (красная линия), данных от акселерометра (зеленая линия). После нескольких секунд работы данные рассчитанные только гироскопом начинают накапливать отклонения...

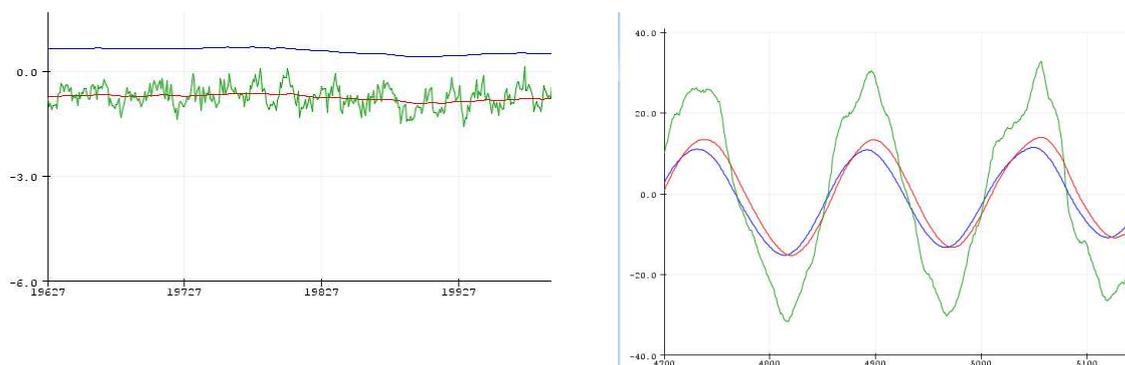


Рис. 16. Комплексные данные

Отлично!!! Мы адаптировали MPU-6050 под свои нужды, теперь рассмотрим BNO055.

Как я отметил, BNO055 содержит микроконтроллер и может сам производить расчеты, подобные тем, что мы приводили выше, когда рассматривали MPU-6050. После инициализации он начинает производить расчеты, и нам можно по необходимости, запрашивать и получать готовые результаты, например, углы наклона.

При программировании будем пользоваться библиотекой Adafruit_BNO055.h и классами, разработанными для работы с векторами см. <http://zizibot.ru/directory/sensor/bno055/>.

Проверим, каковы результаты запроса к BNO055 для акселерометра, если мы рассчитываем угол самостоятельно.

```

BNO055test1 $  Adafruit_BNO055.cpp  Adafruit_BNO055.h  imumaths.h  matrix.h  quaternion.h  vector.h
#include "Wire.h"
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "Adafruit_BNO055.h"
#include "imumaths.h"

Adafruit_BNO055 bno = Adafruit_BNO055(55, 0x29);

void setup(void)
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Orientation Sensor Raw Data Test"); Serial.println("");
  if(!bno.begin())
  {
    Serial.print("Oops, no BNO055 detected ... Check your wiring or I2C ADDR!");
    while(1);
  }
  delay(1000);
  /* Display the current temperature */
  int8_t temp = bno.getTemp();
  Serial.print("Current Temperature: ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println(" C");
  Serial.println("");
  // bno.setExtCrystalUse(false); // Не используем внешний кварц
  bno.setExtCrystalUse(true); // используем внешний кварц
  Serial.println("Calibration status values: 0=uncalibrated, 3=fully calibrated");
}

void loop(void)
{
  // Possible vector values can be:
  // - VECTOR_ACCELEROMETER - m/s^2
  // - VECTOR_MAGNETOMETER - uT
  // - VECTOR_GYROSCOPE - rad/s на самом деле градусы в секунду
  // - VECTOR_EULER - degrees
  // - VECTOR_LINEARACCEL - m/s^2
  // - VECTOR_GRAVITY - m/s^2
  imu::Vector<3> accel = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_ACCELEROMETER);
  double pitch = -(atan2(accel.x(), sqrt(accel.y()*accel.y() + accel.z()*accel.z()))*180.0)/M_PI;
  double roll = (atan2(accel.y(), accel.z())*180.0)/M_PI;
  Serial.println(pitch);
  delay(5);
}

```

Рис. 17. Программа работы с BNO055 (вывод данных акселерометра)

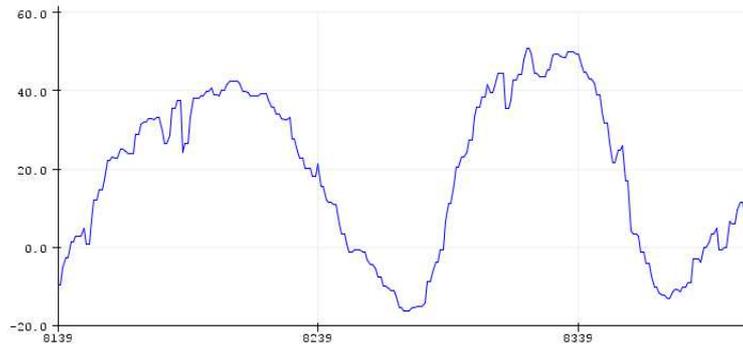


Рис. 18. Данные от акселерометра BNO055 (Визуально видно, что колебания ниже, но они есть)

Изменим программу таким образом, чтобы запрашивать не результаты работы акселерометра, а отфильтрованные по гравитации, изменив параметр вызова запроса данных от гироскопа.

```
void loop(void)
{
  // Possible vector values can be:
  // - VECTOR_ACCELEROMETER - m/s^2
  // - VECTOR_MAGNETOMETER - uT
  // - VECTOR_GYROSCOPE - rad/s на самом деле градусы в секунду
  // - VECTOR_EULER - degrees
  // - VECTOR_LINEARACCEL - m/s^2
  // - VECTOR_GRAVITY - m/s^2
  imu::Vector<3> accel = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_GRAVITY);
  double pitch = -(atan2(accel.x(), sqrt(accel.y()*accel.y() + accel.z()*accel.z()))*180.0)/M_PI;
  double roll = (atan2(accel.y(), accel.z()))*180.0/M_PI;
  Serial.println(pitch);
  delay(5);
}
```

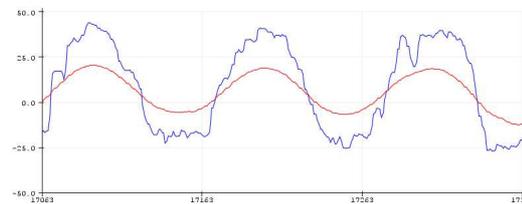


Рис. 19. Программа работы с BNO055 (данные фильтра BNO055)

Рис. 20. Данные фильтра BNO055

Как видно из рисунка, результаты значительно лучше, но небольшие колебания присутствуют, из чего можно сделать вывод, что получение результата на основе работы комплементарного фильтра от угла акселерометра и угловой скорости гироскопа чище.

Теперь воспользуемся возможностью BNO055 по расчету углов Эйлера (крен, тангаж, рыскание). Это как раз те самые углы, расчетом которых мы занимались.

```
void loop(void)
{
  // Possible vector values can be:
  // - VECTOR_ACCELEROMETER - m/s^2
  // - VECTOR_MAGNETOMETER - uT
  // - VECTOR_GYROSCOPE - rad/s на самом деле градусы в секунду
  // - VECTOR_EULER - degrees
  // - VECTOR_LINEARACCEL - m/s^2
  // - VECTOR_GRAVITY - m/s^2
  imu::Vector<3> accel = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_ACCELEROMETER);
  imu::Vector<3> grav = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_GRAVITY);
  double pitch_a = -(atan2(accel.x(), sqrt(accel.y()*accel.y() + accel.z()*accel.z()))*180.0)/M_PI;
  //double roll_a = (atan2(accel.y(), accel.z()))*180.0/M_PI;

  double pitch_g = -(atan2(grav.x(), sqrt(grav.y()*grav.y() + grav.z()*grav.z()))*180.0)/M_PI;
  //double roll_g = (atan2(grav.y(), grav.z()))*180.0/M_PI;

  imu::Vector<3> euler = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_EULER);

  //Serial.print(-euler.y()); Serial.print(" "); Serial.println(pitch_a);
  Serial.print(-euler.y()); Serial.print(" "); Serial.print(pitch_a); Serial.print(" "); Serial.println(pitch_g);
  //Serial.print(-euler.y()); Serial.print(" "); Serial.println(pitch_g);
  delay(5);
}
```

Рис. 21. Программа (рассчитываем углы Эйлера)

Анализ значений показывает, что углы Эйлера посчитанные внутри BNO055 и углы посчитанные при помощи вектора гравитации почти совпадают. Из этого можно сделать вывод, что данные от гироскопа уже присутствуют в расчетах вектора гравитации и Эйлеровых углов, но для чистоты эксперимента составим комплементарный фильтр и на его основе рассчитаем результирующий гол наклона.

Ниже три значения: Углы Эйлера,

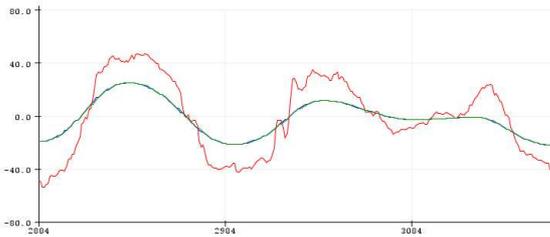


Рис. 22. Плавная линия - углы Эйлера

```
double pitch_ac = 0;
double roll_ac = 0;
double pitch = 0;
double roll = 0;
unsigned long tx = 0;
unsigned long t2 = 0;
double dt;
void loop(void)
{
  tx = micros();
  while (t2 > tx) tx = micros();
  t2 = tx + 5000;
  dt = 0.005;
  // Possible vector values can be:
  // - VECTOR_ACCELEROMETER - m/s^2
  // - VECTOR_MAGNETOMETER - uT
  // - VECTOR_GYROSCOPE - rad/s на самом деле градусы в секунду
  // - VECTOR_EULER - degrees
  // - VECTOR_LINEARACCEL - m/s^2
  // - VECTOR_GRAVITY - m/s^2
  imu::Vector<3> accel = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_ACCELEROMETER);
  imu::Vector<3> gyro = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_GYROSCOPE); //В радианах!!!
  double pitch_ac = -(atan2(accel.x(), sqrt(accel.y() * accel.y() + accel.z() * accel.z())) * 180.0) / M_PI;
  pitch = 0.99 * (pitch + gyro.y() * dt) + 0.01 * pitch_ac;
  imu::Vector<3> euler = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_EULER);
  Serial.print(-euler.y()); Serial.print(" "); Serial.println(pitch);
}
```

Рис. 23. Программа (рассчитываем углы Эйлера, комплементарного фильтра)

Ниже: синяя линия расчет от BNO055 углов Эйлера, красная линия комплементарный фильтр из данных гороскопа и акселерометра.

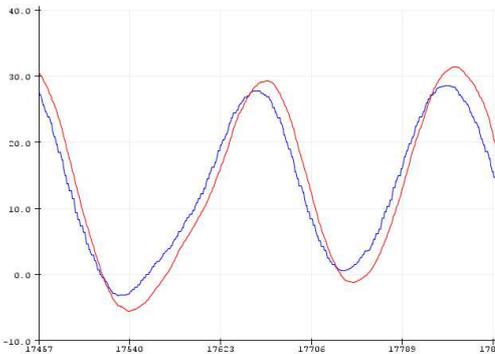


Рис. 24. Результат работы программа (углы Эйлера, комплементарного фильтра)

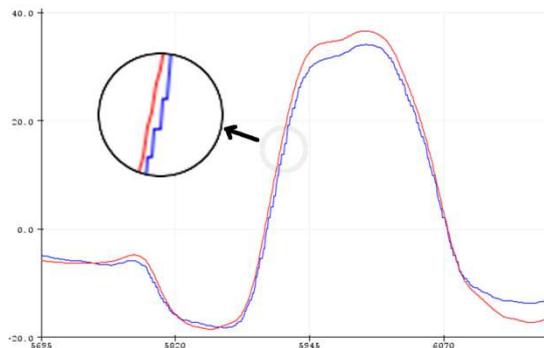


Рис. 25. Результат работы програма (синяя линия – угол Эйлера рассчитанный внутри BNO055, красная линия комплементарный фильтр от данных вектора гравитации и гироскопа)

И последнее (ниже), используем вместо данных акселерометра данные вектора гравитации

```
imu::Vector<3> accel = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_GRAVITY);
imu::Vector<3> gyro = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_GYROSCOPE); //В радианах!!!
double pitch_ac = -(atan2(accel.x(), sqrt(accel.y() * accel.y() + accel.z() * accel.z())) * 180.0) / M_PI;
pitch = 0.99 * (pitch + gyro.y() * dt) + 0.01 * pitch_ac;
imu::Vector<3> euler = bno.getVector(Adafruit_BNO055::VECTOR_EULER);
Serial.print(-euler.y()); Serial.print(" "); Serial.println(pitch);
```

Рис. 26. Программа (вектор гравитации)

Синяя линия – угол Эйлера рассчитанный внутри BNO055, красная линия комплементарный фильтр от данных вектора гравитации и гироскопа. Можно видеть, что при запросе углов Эйлера встречаются ситуации, когда предыдущий и последующий (через 5-10 миллисекунд) углы совпадают, можно сделать вывод, что период в 5мсек недостаточен для гарантированного пересчета углов, и в регистрах данных BNO055 данные не успевают измениться.

Выводы. Мы изучили работу гироскопов BNO055 и MPU5060, рассмотрели особенности их использования, составили алгоритмы, которые будут использованы при построении балансирующего робота.

ВЛИЯНИЕ БИРЖЕВЫХ ТОРГОВ НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ

В.И. Марчук, старший преподаватель

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail.ru: tika75-1977@mail.ru

Аннотация: Понятие фондовых бирж имеет огромное значение для Российской экономики. Одной из главных проблем является в том, что большая часть народного богатства всех стран превращена в движимые и не движимые ценности. Страны, холдинги по возрастающей мере используют всевозможные займы. С формированием кредитных отношений создавались новые виды обязательств, и каждый из них увеличивался сам по себе, благодаря появлению всевозможных ценностей. Для использования долговых обязательств потребовался рынок, и этим рынком стал специально разработанный институт - фондовая биржа.

Annotation: The concept of stock exchanges is of great importance for the Russian economy. One of the main problems is that most of the national wealth of all countries is turned into movable and non-movable values. Countries holding companies to an increasing extent use all kinds of loans. With the formation of credit relations, new types of obligations were created, and each of them increased by itself, thanks to the emergence of various values. To use debt obligations, a market was required, and this market was a specially developed institution - the stock exchange.

Ключевые слова: Фондовая биржа, ценные бумаги, рыночная экономика, денежные средства.

Keywords: stock exchange, securities, market economy, cash.

В сложившихся обстоятельствах рынок продолжает держать основное место в структуре рыночной экономики, особенно в сфере обращения, отражает также конъюнктурное положение в экономике, частном секторе, психологический настрой населения.

Фондовый рынок создавался для того, чтобы продвигать и сохранять торговлю ценными бумагами, гарантировать соблюдение интересов ее участников. Поэтому фондовая биржа рассматривается как специальное место для торговли. Биржа является основным институтом рыночной экономики [2]. На ней находят друг друга продавцы и покупатели ценных бумаг, где цены на эти бумаги определяются спросом и предложением на них, а сам процесс купли-продажи регламентируется правилами и нормами, т.е. это определенным образом организованный рынок ценных бумаг.

Сама по себе биржевая игра весьма заманчива. Покупая, ценные бумаги по низкому и продавая, по высокому курсу, можно получить крупную биржевую прибыль. Являясь организатором рынка ценных бумаг, фондовая биржа изначально занимается исключительно созданием необходимых условий для ведения эффективной торговли, но по мере развития рынка её задачей становится не только организация торговли, сколько её обслуживание.

Сущность деятельности анализируется в её эволюционистическом развитии: от сделок на наличный расчёт к форвардным сделкам, через них – к фьючерсным контрактам и, наконец, к опционной торговле, что позволяет значительно снизить риски. Фондовые отделы других (валютных и товарных) бирж приравнены к фондовым биржам, поэтому в своей деятельности (за исключением вопросов организации) не отличаются от других.

Фондовый рынок вследствие торговли ценными бумагами, могут сосредотачивать большие капиталы, которые в дальнейшем привлекаются для развития производства. Здесь осуществляется купля – продажа акций и облигаций акционерных обществ, а также облигаций государственных займов.

Сектор экономики акционерного капитала является одним из ключевых элементов такого фундаментального понятия как рынок ценных бумаг. Размеры рынка акций отражают его роль в движении капиталов. Эта роль столь значительна, что не будет преувеличением сказать: без понимания механизмов обращения ценных бумаг невозможно проникнуть в сущность и многие процессы современного капиталистического воспроизводства.

Как и любой другой член рыночных отношений, фондовая биржа и фондовый рынок в целом подвергается конкретному контролю и корректировка со стороны, как своих собственных нормативных документов, так и со стороны государства и международных организаций. Данное упорядочивание охватывает все стороны деятельности фондовой биржи. В последующих двух главах все вышеупомянутый будет изложено в более полном и плодотворном виде, а также большое интерес будет уделено развитию ФБ России.

Внутри современного мира очень бурно развивается рыночная экономика. Все ведущие страны мира уже долгое время находятся в ней. Россия перешла на рыночную экономику только в 1992 году. Рыночная экономика приносит много положительных факторов, но так же и существуют негативные. Одно из проявлений рыночной экономики является биржевая торговля.

Попытаемся разобраться, как биржевые торги могут влиять на экономику страны и на бюджет РФ.

На данный момент в России существует 11 фондовых бирж. Но основной товарооборот ценными бумагами происходит на 4 биржах.

- ММВБ (Московская межбанковская валютная биржа) является самой крупной биржей по торговле акциями
- Фондовая биржа РТС Основная биржа по срочным контрактам на фьючерсы и опционы.
- Санкт-Петербургская валютная биржа. Основывают торги на ресурсы (нефть, газ, черные и цветные металлы)
- Московская Фондовая биржа. Осуществляет широкий перечень услуг. В том числе торговля ценными бумагами гос. Корпораций.

Биржевые торги оказывают сильно влиять на экономику страны. Основные аспекты влияния это: налоги поступающие с операций, проходящих на бирже, непосредственное влияние на валюту страны, влияние торгов на гос. корпорации. Теперь разберем каждый аспект подробнее.

Налоги, отчисляющиеся с операций, происходящих на биржах поступают в казну государства. Разберем ситуацию на примере ВТБ банка (который оказывает услуги брокера) [3]. В большей степени на биржах участвуют физические лица и крупные корпорации, которые осуществляют основной капитала оборот на рынке. Для участия на бирже нужно быть зарегистрированным физическим или юридическим лицом. Это обязывает нас платить налоги от прибыли получаемую на торгах. Для физических лиц налог на доход рассчитывается и учитывается в случаях:

1. По окончании налогового периода (календарного года) за истекший год.
2. При выплате денежных средств (выводе акций) до окончания очередного налогового период.,
3. Расторжении договора на брокерское обслуживание.
4. При выплате доходов в денежной форме по ценным бумагам (дивиденды, проценты) в случаях, предусмотренных ст. 226.1 НК РФ [1].

Так же происходят выплаты по дивидендам по ценным бумагам приобретенных на рынке. Что налог на прибыль что налог на дивиденды составляет 13 % (для дивидендов было 9 %, но потом произошли изменения в НК РФ в 2014 году).

Если взять на пример, что физическое лицо за налоговый период в один год получила положительный результат от операций с ценными бумагами в 1 млн. руб., то налог отчисляемый в бюджет государства составляет 130 тыс. руб.. Если же средств на счете не будет для уплаты налога налог не взымается и физическое лицо само должно уплатить налог при обращении в налоговую службу [4].

Для юридических лиц (например крупные компании) для них сумма налога вычисляется как налогооблагаемая база умноженная на налоговую ставку.

Налогооблагаемая база рассчитывается как доход физического лица - налоговые вычеты.

Следующий аспект, влияющий на экономику страны, является воздействие операций с ценными бумагами на стабильность национальной валюты. Операции, происходящие на рынке ценных бумаг, могут влиять косвенно или напрямую. Всё зависит от того на какой именно бирже происходят торги. Если валютная биржа то прямое, а если на рынке ценных бумаг то косвенное.

Косвенное влияние не менее важно как и прямое. Примером может служить ситуация на рынке ценных бума на нефть. В 2014 году из-за напряженной ситуации с Украиной на Россию были наложены санкции. Это привело к изменению рынка. Из-за того что Россия на сегодняшний день является ресурса ориентированной страной снижения рынка нефти, провоцирует изменение бюджета страны. Государство для того что бы компенсировать потери в бюджете начинает эмиссию денег что приводит к понижению ценности рубля к евро или доллару. Из-за косвенных процессов развивается прямой путь влияния на ценность национальной валюты.

Физические и юридические лица, которые видят, что национальная валюта начинает терять стоимость, начинают усиливать этот процесс, приобретая иностранную валюту для получения выгоды. Изменение курса валюты вызывает паническое настроение у простых граждан, которые боятся за свои сбережения. Они также начинают вливание своих средств в иностранную валюту, тем самым ускоряя процесс её ослабления. Центральный банк совместно с правительством может регулировать деятельность брокерских фирм и на саму валюту.

Снижение стабильности это не только негативный фактор, но и положительный. Государство уменьшает импорт зарубежной продукции из-за повышения стоимости товаров, это развивает национальную продукцию. Тем самым развивается национальное хозяйство. Снижение стоимости национальной валюты влияет на увеличение экспорта. Национальная продукция становится дешевле, а следовательно более конкурента способной на международном рынке.

Следующий аспект это-влияние на гос. корпорации (ГАСПРОМ, РОСНЕФТЬ, Сбербанк). Представленные гос. корпорации выпускают ценные бумаги, которые является выражением части капитала самой корпорации. Акции и облигации этих компаний располагаются на фондовых рынках. Данные бумаги доступны всем участникам фондовых бирж. Доля от покупки ценных бумаг поступает в бюджет. Этот аспект может оказывать негативное влияние. Из-за покупки ценных бумаг в больших объемах иностранными резидентами, в их руках образуется большая доля корпорации. С одной стороны, это хорошее привлечение новых инвесторов, а с другой это негативное косвенное влияние иностранных резидентов имеющих большую долю акций в этих компаниях. Все это сказывается на экономике страны.

Рассмотренные факторы влияния биржевых торгов на экономику России показали, как положительное, так и отрицательное воздействие. Биржевой рынок создает большие возможности для экономики страны, на пример, США большая часть капитала этой страны постоянно обращается на биржах этой страны и многих других зарубежных стран. У России ещё очень маленький опыт в биржевой истории и при развитии этой части рыночной экономики возможны улучшения и в экономике страны.

Список литературы:

1. Налоговый кодекс Российской Федерации
2. Боровкова Вал. А. Фондовые биржи и механизм их функционирования //учебное пособие. СПбТЭИ-2008.
3. <http://onlinebroker.vtb24.ru/services/stock/tax/>
4. <http://pandia.ru/text/78/345/1404-2.php>

БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЛАКА И УПРАВЛЕНИЕ ИМ

С.В. Разумников, к.т.н.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)77764

E-mail: demolove7@inbox.ru

Аннотация. Каждый ответственный ИТ-руководитель в первую очередь интересуется безопасностью приложений и данных в облаке. Безопасность обеспечивается, если применяются соответствующие технологии и средства управления. Обеспечение безопасности – это одна из областей, в которой применяются как технологии, так и управление. Действительно, перенос приложений в облако не сводит на нет множество традиционных функций ИТ, – безопасность, соответствующее управление данными, контроль за расходами и надлежащее управление изменениями остаются ключевыми обязанностями. Но при работе в облаке меняются способы управления на предприятии. В этой статье рассматривается безопасность облака и управление им, а также рекомендации ИТ-руководителям по планированию в этих областях.

Annotation. Every responsible IT leader is primarily interested in the security of applications and data in the cloud. Security is ensured if appropriate technologies and controls are used. Security is one of the areas in which both technology and management are applied. Indeed, migrating applications to the cloud does not negate many of the traditional IT functions — security, proper data management, cost control, and proper change management remain key responsibilities. But when working in the cloud, management methods in the enterprise are changing. This article discusses cloud security and management, as well as recommendations to IT planners in these areas.

Ключевые слова: облачные технологии, управление, безопасность, приложения, стратегия.

Keywords: cloud technologies, management, security, applications, strategy.

Введение. Почти все ИТ-руководители признаются, что они столкнулись с сомнениями при мысли о переносе ИТ-экосистемы в облако. В конце концов, когда все приложения и данные находятся в локальном центре обработки данных, корпоративный ИТ-отдел все контролирует. Это можно сравнить с концепцией банка 150 лет назад. В то время люди держали наличные средства при себе.

Но в итоге все осознали, что безопаснее хранить деньги в банке, где их могут защитить соответствующие специалисты.

Однако безопасность облака существенно отличается от безопасности банка: владелец приложения и данных должен активно участвовать в ее обеспечении [1, 2]. Рассмотрим то, чему следует уделить внимание и для чего выделить ресурсы.

Физическая безопасность

Обеспечение безопасности начинается с физической безопасности, то есть с безопасности помещений, в которых работает облако, – облачных центров обработки данных. Поставщики облачных услуг вкладывают значительные средства в физическую безопасность. Все они обеспечивают круглосуточное видеонаблюдение. Сотрудники в облачных центрах обработки данных должны пройти строгие проверки. Для доступа к зонам работы серверов требуется несколько форм проверки подлинности, включая биометрическую. Все действия контролируются и проверяются.

Обновления программного обеспечения

Напомним, что при развертывании приложения в облаке в качестве виртуальной машины с моделью «инфраструктура как услуга» (IaaS) ваш персонал отвечает за своевременную установку исправлений и обновлений программного обеспечения. При использовании модели «платформа как услуга» (PaaS) поставщик облачных услуг будет поддерживать системное программное обеспечение.

Повсеместное шифрование

Рекомендуется, чтобы в приложении использовалось шифрование везде, где это возможно. Для гибридных облачных соединений (соединения между локальным центром обработки данных и облаком), VPN и Microsoft Azure ExpressRoute в качестве транспортного протокола используйте IPSec и IKE.

Можно рассмотреть возможность использования TLS (Transport Level Security). Это технология обеспечения безопасности с использованием безопасного протокола HTTP (HTTPS) для клиентского доступа к облачным веб-сайтам.

Также следует по возможности шифровать неактивные данные в службе хранилища Microsoft Azure или в базах данных. Например, база данных SQL Azure предлагает прозрачное шифрование данных, чтобы шифровать и расшифровывать данные в реальном времени с использованием сертификата сервера. Реплики в различных географических регионах имеют различные сертификаты, которые сменяются каждые 90 дней (стандартная частота).

Хранилища ключей и аппаратные модули безопасности

При обеспечении безопасности лучше всего отделить ключи шифрования от приложения. С помощью хранилища, например Azure Key Vault, это возможно. Благодаря ему администратор сначала создает хранилище ключей для приложения и помещает в него ключи (рис. 1). Затем Azure Key Vault предоставляет разработчику URL-адреса ключей, которые приложение может использовать во время выполнения для расшифровки произвольных данных, например, в службе хранилища Azure или в другом месте.

Для дополнительной защиты ключи можно хранить в аппаратном модуле безопасности (HSM) – физическом устройстве, которое может хранить и создавать ключи. HSM также может перераспределять нагрузку при криптографической обработке (обычно это ресурсоемкая операция для ЦП), выполняя локальное шифрование и расшифровку.

Антивирусное программное обеспечение

Ничто не может повредить локальное или облачное приложения сильнее, чем умышленное или непреднамеренное распространение вирусов. В приложениях (особенно IaaS) следует использовать антивирусное ПО, предоставляемое поставщиком облачных услуг (например, антивирусное ПО Microsoft) или партнером в магазине облачных решений. Регистрируются все события, обнаруживаемые антивирусным ПО. Администраторам облаков следует периодически проверять соответствующие журналы, чтобы узнать, нужно ли что-то предпринять.

Многофакторная проверка подлинности

Для обеспечения дополнительной безопасности используйте многофакторную проверку подлинности (MFA) при входе пользователей. Для получения доступа к корпоративным ресурсам MFA требует предоставить второй тип удостоверения помимо имени пользователя и пароля. Доступны различные формы MFA, включая биометрические модели, телефонные вызовы и текстовые сообщения. Например, вход пользователя может активировать телефонный вызов на мобильный телефон с возможностью идентификации по отпечатку пальца.

Пользователю запрещается вход до тех пор, пока телефон не вернет действительное значение. При применении еще одного вида MFA каждые несколько секунд на мобильном устройстве изменя-

ется случайное число по определенному алгоритму, при этом для получения доступа пользователь должен ввести число, отображаемое на экране телефона.

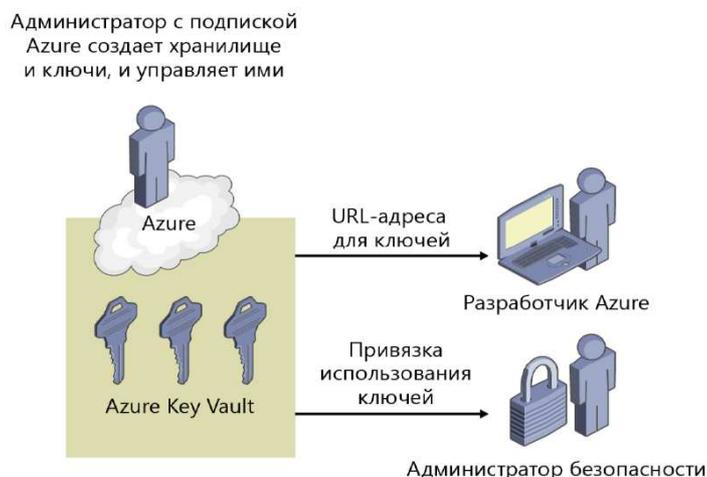


Рис. 1. Azure Key Vault

Безопасный жизненный цикл разработки

Несмотря на то, что облако обеспечивает много преимуществ безопасности, размещение приложения в облаке не освобождает разработчиков приложения и специалистов по безопасности от своих обязанностей полностью. Разработчикам и тестировщикам рекомендуется придерживаться принципов цикла разработки безопасного программного обеспечения (<https://www.microsoft.com/sdl/default.aspx>), который предоставляет набор шагов для прогнозирования и устранения угроз. При развертывании следует добавить антивирусные и антивредоносные программы.

Мониторинг нарушений системы безопасности

ИТ-руководители должны тщательно следить за нарушениями системы безопасности в облачных приложениях так же, как и для локальных приложений. К счастью, в штате поставщиков облачных услуг состоят обученные специалисты по безопасности, которые непрерывно следят за действиями в облаке [3-5].

Для обеспечения дополнительной безопасности может потребоваться развернуть приложение для предотвращения атак системы безопасности и управления событиями (SIEM). Системы SIEM сканируют приложения на наличие уязвимостей, обеспечивают обнаружение атак и отслеживают поведение пользователей на наличие признаков вредоносных действий.

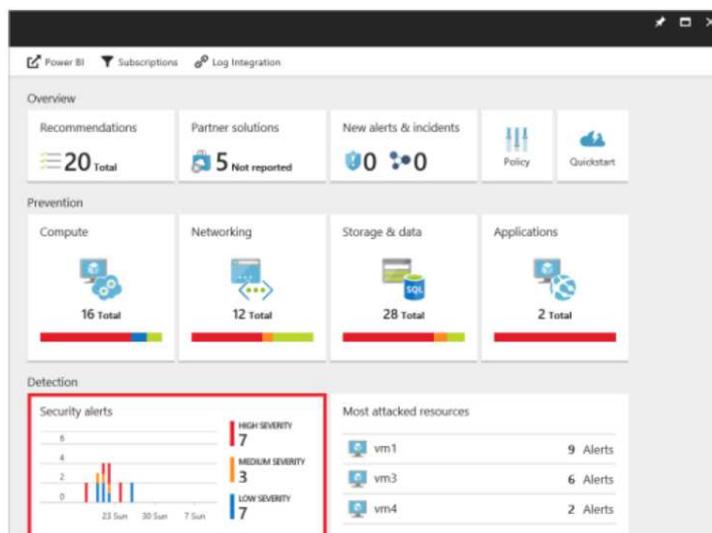


Рис. 2. Центр безопасности Azure

Кроме того, в центре безопасности Azure (рис. 2) специалистам в области безопасности вашей организации доступны широкие возможности, включая предоставление рекомендаций (например, применение исправлений или обновление антивирусного ПО), предупреждений системы безопасности (например, при взаимодействии приложения с известными вредоносными IP-адресами) и настройку политик безопасности для ваших приложений.

Тест на проникновение

Иногда уязвимости можно найти только при попытке реальной атаки приложения. Многие предприятия нанимают команды специалистов в области компьютерной безопасности для выполнения, так называемого, теста на проникновение. Это самый оптимальный подход.

Однако такой тест нужно планировать совместно с поставщиком облачных услуг, поскольку ему будет сложно определить, настоящая ли это атака, без предварительного предупреждения.

Общие сведения о средствах управления безопасностью облака

На рис. 3 показано распределение обязанностей по обеспечению безопасности с учетом модели приложения (локальное, IaaS, PaaS и SaaS).

Локальные зависимости безопасности	IaaS Инфраструктура как услуга	PaaS Платформа как услуга	SaaS ПО как услуга
1. Стратегия безопасности, управление и оптимизация процессов: обеспечьте четкое видение, стандарты и рекомендации для организации			
2. Права администрирования: защититесь от потери контроля над облачными службами и локальными системами			
3. Данные: выявляйте и защищайте самые важные информационные ресурсы			
4. Удостоверение пользователей и безопасность устройств: усилить защиту учетных записей и устройств			
5. Безопасность приложений: обеспечьте устойчивость кода приложений к атакам			
6. Сеть: обеспечьте подключение, изоляцию и визуализацию аномальных атак			
7. ОС и ПО промежуточного слоя: защитите целостность хостов			
8. Частные или локальные среды: защитите основу			

Рис. 3. Сведения об ответственности за средства контроля безопасности

Заключение. Перенос приложений в облако – важная и серьезная задача, требующая изменения способа работы предприятия и ИТ-инфраструктуры. Одним из главных составляющих переноса является безопасность приложений и данных в облаке. В этой статье была рассмотрена безопасность облака и управление им, а также рекомендации ИТ-руководителям по планированию в этих областях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-07-00031 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение системы поддержки принятия стратегических решений к переходу на облачные технологии».

Список литературы:

1. Разумников С.В. Оценка эффективности и рисков от внедрения облачных ИТ-сервисов // Фундаментальные исследования. - 2014. - Вып. № 11-1. - С. 33-38.
2. Razumnikov S.V. Decision support system of transition IT-applications in the cloud environment // International Siberian conference on control and communications SIBCON 2015 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ieee.tpu.ru/musor/sbornik/files/sections.html>
3. Разумников С.В. Модель поддержки принятия решений о миграции корпоративных приложений в облачную среду // Научные труды Вольного экономического общества России. - 2015 - Т. 194. - С. 490-502.
4. Razumnikov S.V., Kurmanbay A.K. Models of evaluating efficiency and risks on integration of cloud-base IT-services of the machine-building enterprise: a system approach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 124 - №. 1, Article number 012089. - p. 1-5.

5. Razumnikov S.V. Models of evaluating efficiency and risks on integration of cloud-base IT-services of the machine-building enterprise: a system approach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 124 - №. 1, Article number 012089. - p. 1-5.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МИГРАЦИИ ИТ-ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАЧНУЮ СРЕДУ

С.В. Разумников, к.т.н.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)77764
E-mail: demolove7@inbox.ru*

Аннотация. Важным составляющим для обоснования внедрения облачных технологий на уровне виртуальной инфраструктуры являются технико-экономические расчеты. В этой статье рассматриваются модели для расчета экономической эффективности перехода к облачным технологиям на примере IaaS, которые помогут оценить объем вложений и выбрать оптимальный вариант реализации ИТ-инфраструктуры.

Ключевые слова: облачные технологии, управление, безопасность, приложения, стратегия.

Annotation. An important component to justify the introduction of cloud technologies at the level of virtual infrastructure are technical and economic calculations. This article discusses the model for calculating the economic efficiency of the transition to cloud technologies on the example of IaaS, which will help to assess the amount of investments and choose the best option for implementing IT infrastructure.

Keywords: cloud technologies, management, security, applications, strategy.

Введение

Тема экономического обоснования перехода в облака сегодня настолько же актуальна, насколько и слабо освещена в литературе и интернет-СМИ. С одной стороны, модель расчетов экономической эффективности довольно проста и находится как калькуляция эксплуатационных и единовременных затрат. Однако собрать точные входные данные – это непростая задача. А если использовать неточные данные, то и результат будет не в пользу решений по использованию облачных технологий. Поэтому провайдеры облачных услуг стараются избегать грубых расчетов в проектах, а в качестве рекламы используют неполные примерные данные, которые иллюстрируют «эффективность» использования облачных решений [1-5].

В качестве примера облачной услуги приведем сервисы аренды виртуальной инфраструктуры по модели IaaS. Необходимо сделать технико-экономическое обоснование перехода к облачным технологиям. Выполнить такое обоснование требуется в двух случаях: 1) когда назрел вопрос о модернизации существующей инфраструктуры; 2) когда требуются новые ресурсы для проекта, плановое расширение или когда планируется создание ИТ-инфраструктуры с нуля.

Как правило, такие проекты предполагают выполнение технико-экономических расчетов, которые помогут оценить объем вложений и выбрать оптимальный вариант реализации ИТ-инфраструктуры.

В обоих случаях конечной целью расчетов является сравнение нескольких вариантов реализации, но при модернизации существующей ИТ-инфраструктуры мы имеем возможность получить текущие значения затрат на ИТ и текущий уровень качества, используя эти цифры в качестве базовых значений, по отношению к которым будет считаться экономический эффект от внедрения новых технологий.

Основные термины и понятия, необходимые в процессе выбора вариантов реализации ИТ-инфраструктуры.

Оценка экономической эффективности должна основываться на сопоставлении величины затрат на ее внедрение, развертывание и эксплуатацию с получаемыми результатами. Результат оценивают через показатели экономической эффективности, которые должны быть рассчитаны [6, 7].

Годовой экономический эффект (ГЭЭ) – это наиболее удобный показатель оценки экономической эффективности ИТ-проектов, который измеряется в рублях в год.

$$ГЭЭ = Э_{год} - E \times K,$$

где $\mathcal{E}_{год}$ – экономия (годовая прибыль), которая достигается при модернизации ИТ-инфраструктуры на предприятии, руб./год;

E – нормативная прибыльность (норма прибыли), 1/год.

K – единовременные капитальные затраты на создание и внедрение составляющих компонентов ИТ-проекта, руб.;

Годовая прибыль обусловлена как экономией различных издержек (статей затрат), так и увеличением доходов от деятельности предприятия в результате внедрения облачных технологий.

Методика расчета показателей эффективности представляет собой достаточно сложную задачу, которая заключается в следующем.

Единовременные (капитальные) затраты (K) на создание и внедрение ИТ-проекта представляют собой инвестиции, которые необходимы для ввода в эксплуатацию и создания вычислительных мощностей. В эти затраты входят приобретенные основные средства (сетевое оборудование, системы хранения данных, ПО виртуализации), а также затраты, которые связаны с проектированием.

Нормативная прибыльность (норма прибыли) E представляется как норма отдачи капитала и норма предпринимательского дохода. Величина ее связана непосредственно с нормативным сроком окупаемости капиталовложений $T_{ок}$:

$$T_{ок} = \frac{1}{E},$$

где E выполняет роль коэффициента приведения единовременных (капитальных) затрат K к годовым (эксплуатационным) затратам.

Значение E выбирают исходя из ситуаций для конкретных отраслей и для экономики страны в целом. Величина E в общем случае не должна быть меньше депозитной ставки надежного банка. Иначе выгоднее будет просто поместить эти денежные средства на депозит в банке. В качестве ориентира, как правило, используют ставку рефинансирования Центробанка РФ.

Однако в сфере информатики из-за высоких темпов научно-технического прогресса, реальный срок эксплуатации связи и вычислительной техники и, а также программного обеспечения составляет в среднем около 5 лет. После этого срока такое обеспечение подлежат либо списанию, либо модернизации. В связи с этим величина при расчетах для ИТ-проекта величина E , как правило, должна быть 0,2 – 0,25 (что превышает ставку рефинансирования Центробанка в 2–3 раза), иначе за время реальной эксплуатации капиталовложения в нее не окупятся.

Внутренний и внешний экономический эффект.

При расчете показателя годового экономического эффекта ($\Gamma\mathcal{E}$) принято подразделять его на две составляющие: внутренний (прямой) и внешний (косвенный) экономический эффект:

$$\Gamma\mathcal{E} = \Gamma\mathcal{E}_{внутр} + \Gamma\mathcal{E}_{внешн}$$

Такое разделение базируется на формальном обособлении системы обеспечения ИТ на объекте и самого объекта. Система обеспечения ИТ на объекте (промышленном предприятии, торговозакупочной фирме, автотранспортном предприятии и т. п.) реализует функцию обеспечения управляемого объекта необходимыми ИТ-сервисами.

Таким образом, внутренний (прямой) экономический эффект достигается за счет непосредственной экономии при реализации функций обеспечения объекта требуемыми ИТ-сервисами. Такой эффект может быть достигнут, например, при использовании более дешевых во внедрении и эксплуатации информационных технологий, не снижающих при этом уровня сервиса, предоставляемого бизнесу.

Модернизация ИТ-инфраструктуры может также улучшить реализацию бизнес-процессов основной деятельности. В общем случае можно говорить о следующих эффектах: сокращение времени простоя бизнес-процессов вследствие сбоев; снижение риска потери важных для бизнеса данных; повышение производительности труда за счет увеличения уровня мобильности сотрудников.

В этом случае внешний (косвенный) экономический эффект достигается в основном за счет повышения эффективности основной деятельности на объекте в результате сокращения потерь от простоя информационных систем и от потери важной для бизнеса информации.

Расчет внутреннего (прямого) экономического эффекта на практике осуществляют по формуле:

$$ГЭЭ_{внутр} = Э_{год ИТ} - E \times K,$$

где $Э_{год ИТ}$ – годовая экономия, достигаемая при модернизации ИТ-инфраструктуры в системе обеспечения ИТ на объекте, рублей/год;

K – капитальные (единовременные) затраты на закупку и внедрение компонентов ИТ-инфраструктуры, рублей;

E – норма прибыли (нормативная прибыльность), 1/год.

А расчет внешнего (косвенного) экономического эффекта на практике осуществляют по формуле:

$$ГЭЭ_{внешн} = Э_{год ОД},$$

где $Э_{год ОД}$ – годовая экономия (дополнительный доход, в том числе обусловленный сокращением возможных убытков) в основной деятельности, достигаемая при модернизации ИТ-инфраструктуры на объекте, рублей/год.

На рис. 1 представлены области применения внутреннего и внешнего экономического эффекта.

При этом предполагается, что прямой (внутренний) экономический эффект имеет место во всех случаях информатизации (величина этого эффекта, однако, может быть различной, в том числе нулевой или даже отрицательной, что, в принципе, нормально). Таким образом, все затраты на модернизацию ИТ-инфраструктуры относят к системе обеспечения ИТ. С учетом приведенных формул общее значение ГЭЭ при вышеизложенном подходе будет вычислено корректно.

Коэффициент готовности ИТ-инфраструктуры. Важным условием для корректного сравнения двух и более вариантов реализации ИТ-инфраструктуры является приведение их к общему показателю коэффициента готовности системы. Если сравнить два варианта, например, по стоимости владения, то это будет некорректно при разном коэффициенте готовности.

Коэффициент готовности ИТ-системы – это вероятность того, что инфраструктура компании окажется в работоспособном состоянии в любой момент времени (кроме периода планового технического обслуживания).

Следует учитывать, что на коэффициенте готовности ИТ-инфраструктуры будет основываться коэффициент готовности бизнес-приложений, который заведомо будет ниже, так как включает операционную систему, промежуточное программное обеспечение и бизнес-приложения. Работоспособность этих звеньев может сказываться на конечной доступности ИТ-сервиса. Разумеется, решение о необходимом уровне готовности принимает бизнес, а не ИТ-служба. При расчете коэффициента готовности необходимо учитывать следующие данные: финансовые потери, связанные с простоем бизнес-приложений; косвенные потери, связанные с неработоспособностью бизнес-приложений, т. е. из-за снижения уровня доверия, перехода клиентов к конкурентам или из-за отказа от сервисов и пр.



Рис. 1. Области применения внутреннего и внешнего экономического эффекта

Согласно этим показателям, можно сказать о максимально допустимом времени простоя как отдельных сервисов, так и всей ИТ-инфраструктуры в целом.

Получается, что ИТ-служба отталкивается от требований бизнеса к доступности и предлагает варианты реализации ИТ-инфраструктуры, которая этим требованиям будет удовлетворять [8]. В качестве одного из таких вариантов может быть рассмотрен вынос вычислительных мощностей в облако внешнего IaaS-провайдера.

Расчет коэффициента готовности будет выглядеть следующим образом:

$$A = \frac{t_P}{t_P + t_B},$$

где A – коэффициент готовности системы (Кг);

t_P – суммарное время нахождения объекта в работоспособном состоянии;

t_B – суммарное время восстановления объекта.

Для нахождения необходимых параметров необходимо сделать следующие шаги:

6. Составить архитектурную схему системы.
5. Преобразовать ее в логическую.
6. Разбить на модули с последовательным/параллельным соединением компонентов.
7. Выполнить расчет готовности по модулям.
8. Выполнить расчет готовности для системы в целом.

Вероятность безотказной работы системы для последовательного соединения:

$$A = \prod_{i=1}^k a_i,$$

Вероятность безотказной работы системы для параллельного соединения:

$$A = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - a_i],$$

На основе указанных формул можно отметить, что коэффициент готовности системы не может быть выше наименьшего коэффициента готовности среди компонентов данной системы в случае последовательного соединения.

Также еще раз отметим, что прямое экономическое сравнение нескольких вариантов реализации ИТ-инфраструктуры будет корректным только при идентичных коэффициентах готовности.

Стоимость владения ИТ-инфраструктурой. Стоимость владения – в нашем случае это сумма всех затрат (включая альтернативные издержки), которые понесет предприятие после принятия решения о внедрении выбранного варианта реализации ИТ-инфраструктуры до момента следующей ее модернизации (срок, не превышающий пяти лет для отрасли информатизации), либо до завершения проекта, для которого эта инфраструктура создавалась.

Для расчета стоимости владения мы приведем специализированную упрощенную методику определения общей величины затрат на создание и эксплуатацию ИТ-инфраструктуры на разных этапах ее жизненного цикла. Основной упор будет сделан на структуру затрат и характерные для подобных проектов особенности расчета прямых и альтернативных издержек.

Обычно подход к вычислению стоимости владения предусматривает расчет капитальных расходов и эксплуатационных затрат с дальнейшей их калькуляцией за период эксплуатации, после чего могут производиться необходимые корректировки, учитывающие особенности объекта оценки.

Заключение. Перенос приложений в облако – важная и серьезная задача, требующая изменения способа работы предприятия и ИТ-инфраструктуры. Техничко-экономические расчеты носят ориентировочный характер и имеют своей целью обоснование целесообразности модернизации ИТ-инфраструктуры на конкретном объекте и выбор наиболее эффективного варианта реализации ИТ-инфраструктуры из совокупности возможных альтернатив. В данной статье показаны модели для

расчета экономической эффективности перехода к облачным технологиям на примере IaaS, которые помогут оценить объем вложений и выбрать оптимальный вариант реализации ИТ-инфраструктуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-07-00031 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение системы поддержки принятия стратегических решений к переходу на облачные технологии».

Список литературы:

1. Разумников С.В. Оценка эффективности и рисков от внедрения облачных ИТ-сервисов // Фундаментальные исследования. - 2014. - Вып. № 11-1. - С. 33-38.
2. Razumnikov S.V. Decision support system of transition IT-applications in the cloud environment // International Siberian conference on control and communications SIBCON 2015 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ieee.tpu.ru/musor/sbornik/files/sections.html>
3. Разумников С.В. Модель поддержки принятия решений о миграции корпоративных приложений в облачную среду // Научные труды Вольного экономического общества России. - 2015 - Т. 194. - С. 490-502.
4. Razumnikov S.V., Kurmanbay A.K. Models of evaluating efficiency and risks on integration of cloud-base IT-services of the machine-building enterprise: a system approach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 124 - №. 1, Article number 012089. - p. 1-5.
5. Razumnikov S.V. Models of evaluating efficiency and risks on integration of cloud-base IT-services of the machine-building enterprise: a system approach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 124 - №. 1, Article number 012089. - p. 1-5.
6. Вольфсон М. Руководство: Как посчитать выгоды от миграции в «облако» // E-business – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://el-business.ucoz.ru/publ/it_infrastruktura/rukovodstvo_kak_poschitat_vygoty_ot_migracii_v_oblako/8-1-0-227.
7. Галкин Г. Методы определения экономического эффекта от ИТ-проекта // Intelligent enterprise, № 22 (131), 2005г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iemag.ru/masterclass/detail.php?ID=15720>. Дата обращения: 14.09.2012.
8. Гребнев Е. Облачные сервисы. Взгляд из России – М.: CNews, 2011. – 282.

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ
ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
И СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА**

*Е.В. Телипенко, к.т.н., доцент, А.Н. Важдаев, ст. преподаватель,
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652050, г. Юрга, ул. Ленинградская 26, тел. (38451) 777-64
E-mail: KochetkovaEV@mail.ru*

Аннотация: В статье представлено описание разработки информационно-аналитической системы для мониторинга и оценки финансового состояния предприятий, которая представляет собой механизм осуществления постоянного наблюдения за важнейшими текущими результатами деятельности предприятия в условиях постоянно меняющейся конъюнктуры потребительского и финансового рынков и цифровизации экономики.

Основной целью разработки подобной системы является своевременное обнаружение отклонений фактических результатов деятельности предприятий от предусмотренных, вызывающих ухудшение их финансового состояния, а также выявление причин, вызвавших эти отклонения, и разработка предложений по соответствующей корректировке отдельных направлений финансово-хозяйственной деятельности с целью ее нормализации и повышения эффективности.

Annotation: The article describes the development of an information and analytical system for monitoring and evaluating the financial condition of enterprises, which is a mechanism for continuously monitoring the most important current results of an enterprise in a constantly changing market environment in consumer and financial markets and the digitalization of the economy.

The main purpose of the development of such a system is the timely detection of deviations of the actual results of enterprises from the envisaged, causing deterioration of their financial condition, as well as

identifying the causes of these deviations, and the development of proposals for the appropriate adjustment of certain areas of financial and economic activity in order to normalize it and increase efficiency.

Ключевые слова: финансовое состояние предприятия, оценка, прогнозирование, модель, информационная система.

Keywords: financial condition of an enterprise, assessment, forecasting, model, information system.

1. Постановка задачи

Учитывая сложившиеся обстоятельства сегодняшнего дня: нестабильность мировой экономики, политические разногласия, необходимо уделить особое внимание экономической безопасности для обеспечения стабильного развития, как экономики страны в целом, так и отдельных регионов и областей. Необходимо акцентировать внимание на проблемах, возникших в результате негативного влияния различных факторов на деятельность субъектов экономики.

Приоритетной задачей в сложившейся ситуации становится обеспечение нормального функционирования предприятий отдельных областей и регионов, а также страны в целом. В такой ситуации особенно актуальными являются задачи непрерывного мониторинга финансового состояния предприятий для формирования адекватного ответа на возникшие трудности и угрозы. Решения вопроса, можно достичь, используя информационно-аналитические системы, которые в настоящее время становятся наиболее важным помощником руководителя любого уровня. С этой точки зрения большой интерес представляет разработка информационно-аналитической системы для мониторинга и оценки финансового состояния предприятий с целью прогнозирования и стратегического планирования развития. Эта система необходима как собственникам предприятия, так и руководству муниципалитетов. С одной стороны она дает возможность отдельному предприятию контролировать ситуацию "на месте", оперативно отслеживать изменения ключевых индикаторов, с другой стороны, на уровне регионального управления можно будет видеть агрегированную информацию, по всем предприятиям региона. Это обеспечит прозрачность и позволит максимально эффективно сделать прогноз, в соответствии с которым выстраивать стратегию развития как отдельного предприятия, так и отдельных отраслей и региона в целом.

Целью проекта является разработка информационно-аналитической системы для мониторинга и оценки финансового состояния предприятий с целью прогнозирования и стратегического планирования развития региона. Система должна быть актуальной, отвечающей требованиям и реалиям действия цифровой экономики при учете российских и региональных особенностей функционирования предприятий.

Для достижения указанной цели необходимо решение нескольких основных задач:

1. сбор и использование актуальных данных о результатах финансово-хозяйственной деятельности предприятий с учетом, как отраслевой направленности, так и размеров предприятия;
 2. аккумулирование как можно большего числа данных по предприятиям, с целью создания большой базы знаний для последующего обучения нейронной сети;
 3. разработка обоснованного математического аппарата, способного работать как с качественными, так и с количественными данными;
 4. решение проблемы классификации разнородных качественных и количественных показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия для получения наиболее точной и заблаговременной оценки возможных рисков;
 5. обеспечение возможности проводить анализ накопленных данных и делать предиктивный анализ развития ситуации в будущем;
 6. создание механизмов для генерирования и выбора методов по коррекции отдельных направлений деятельности с целью снижения влияния сформировавшихся негативных тенденций или их избежания;
 7. обеспечение возможности онлайн мониторинга состояния предприятия посредством использования мобильной версии системы;
 8. обеспечение интеграции двух уровней информационно-аналитической системы: уровня предприятия и уровня муниципалитета.
2. Существующие подходы к решению задачи.

Обозначенную проблему условно можно разделить на две составляющие: 1) мониторинг и оценка финансового состояния предприятия; 2) разработка соответствующей информационной системы и ее мобильной версии.

Говоря о первой составляющей можно отметить, что кризисные явления в стране и в мире оказывают негативное влияние на предприятия, что порождает волны банкротств. Анализ статистических данных Высшего Арбитражного суда РФ за период с 1998 по 2017гг. показал, что уровень риска

банкротства российских предприятий неуклонно растет. Эти обстоятельства объясняют повышенный интерес со стороны исследователей к этой проблеме. Теме оценки риска банкротства предприятия посвящено немало работ, как российских, так и зарубежных ученых (А. Уолл и Р. Дьюинг (1928г.), Э. Альтман (1968г.), Р. Таффлер и Г. Тишоу (1977г.), В. Бивер (1966г.), Дж. Спрингейт (1978г.), Д. Фулмер (1984г.), Дж. Олсон (1980г.), М.Е. Змиевский (1984), Г.В. Давыдова и А.Ю. Беликов (1999г.), А.Н. Чельшев (2006г.), В.И. Макарьева и Л.В. Андреева (2004г.), Р.С. Сайфуллин, Г.Г. Кадыков (2003г.), Н.Н. Селезнева и А.Ф. Ионов (2005г.), Г.А. Хайдаршина (2009г.), А.В. Постюшков (2007г.), В.Ю. Жданов (2010г.), Корол Т., Короди А. (2011г.), Бредарт Х. (2014), Воронцов К.В. (2014г.), Дон-ской В.И. (2014г.), Ариничев И.В. и Богдашев И.В. (2017г.) и др.)

Однако существующие модели и подходы к оценке экономической безопасности не универсальны, либо построены на устаревших данных, либо не могут быть применены в условиях российской действительности. Для реализации мониторинга и оценки финансового состояния предприятия необходимо принять во внимание его особенности и факторы, оказывающие наибольшее влияние на его финансово-экономическую стабильность.

По второй части проблемы можно отметить тот факт, что уже существует достаточно большое количество разработанных программных продуктов, как российского, так и зарубежного авторства, которые позволяют производить оценку финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Однако тут стоит отметить две основные проблемы: 1. математической базой подобных систем являются зачастую западные модели, которые не применимы в российских условиях; 2. у таких систем отсутствуют мобильные аналоги, которые позволили бы вести онлайн мониторинг состояния предприятия.

Таким образом, можно говорить о том, что несмотря на интерес к вопросам предложенного проекта на сегодняшний день они не решены или имеют лишь методологические основы. Тем более нельзя говорить о комплексном решении проблемы с обеспечением адекватной математической базы и программной реализации. Нет систем, которые могли бы применяться на разных уровнях управления и были бы интегрированы в единую базу.

3. Предлагаемые методы решения задачи.

Создаваемая информационно-аналитическая система будет работать на основе данных бухгалтерских и управленческих программ организаций. Она будет функционировать в качестве надстройки к наиболее популярным решениям 1С в качестве интернет-сервиса. Система по запросу пользователя будет собирать все необходимые данные, отправлять их на сервер. На сервере данные обрабатываются в соответствии с разработанной авторами методикой и пользователю будут передаваться готовые результаты с оценкой текущего состояния его предприятия и рекомендациями по исправлению ситуации в случае необходимости. Разработка экономико-математических моделей, которые станут математической базой системы, будет осуществляться на основе методов искусственного интеллекта, а именно синтеза аппарата теории нечеткой логики и нейросетевых технологий. Использование этих методов позволит работать как с качественными, так и с количественными данными, а также позволит решить проблему классификации разнородных качественных и количественных показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия и получить наиболее точную заблаговременную оценку риска банкротства предприятия. Помимо этого появится возможность проводить анализ накопленных данных и проводить предиктивный анализ развития ситуации в будущем. Обеспечение наличия в системе механизмов для генерирования и выбора методов по коррекции отдельных направлений деятельности, с целью снижения влияния сформировавшихся негативных тенденций или их избегания, планируется также с помощью применения нейронных сетей. Решение тех или иных финансово-хозяйственных проблем часто носит типовой характер, поэтому может быть аккумуляровано на сервере и использовано в качестве обучающей базы.

Обучение нейронной сети будет происходить на основе данных, собранных на сервере. При этом система автоматически будет определять тип предприятия (малое, среднее, крупное), его отраслевую принадлежность и форму собственности, а далее весь анализ будет проводиться с учетом этих особенностей. Т.е. все значения финансовых и хозяйственных показателей деятельности предприятия будут сопоставляться со значениями аналогичных предприятий, что позволит получить более объективную оценку текущего состояния предприятия.

Сервер для обработки информации обладает современным инструментом прикладного программирования «API». Обращение к серверу осуществляется по протоколу HTTPS, ответ сервера может возвращаться в одном из двух форматов: JSON или XML, которые пользовательская информационная система может загрузить и обработать.

Web-сервисы - это один из механизмов платформы «1С:Предприятие 8», используемых для интеграции с другими информационными системами. Он является средством поддержки SOA (Service-Oriented Architecture) - сервис-ориентированной архитектуры, которая является современным стандартом интеграции приложений и информационных систем.

Значительным преимуществом сервис - ориентированной архитектуры является то, что она позволяет развивать и дополнять инфраструктуру предприятия однородным образом, без разрушения уже существующих решений. Ее использование позволяет минимизировать издержки за счет интеграции собственных информационных учетных систем предприятия с разработанной системой. Проектируемый веб-сервис работы системы независим от платформы 1С на предприятии и автономен от информационной системы предприятия. Пользовательские конфигурации 1С:Предприятия 8 будут являться потребителем веб-сервиса. Интегрировать разрабатываемую систему с пользовательскими информационными базами планируется «бесшовно» с помощью механизма расширений или внешних обработок. Расширения конфигурации позволяют значительно упростить адаптацию типового прикладного решения к потребностям конкретного внедрения. Стратегия, предлагаемая расширениями, заключается в том, что изменять типовую конфигурацию не нужно. Все изменения выполняются в расширении, которое, по сути, тоже является конфигурацией. После этого, в режиме 1С:Предприятие, расширение подключается к типовой конфигурации. Платформа автоматически, в режиме 1С:Предприятие, объединяет расширение с типовой конфигурацией. Когда поставщик выпускает новую версию типовой конфигурации, выполняется её автоматическое обновление, поскольку режим поддержки типовой конфигурации не менялся. Она осталась на полной поддержке поставщика. А при запуске обновлённого прикладного решения платформа снова автоматически объединит изменённую типовую конфигурацию с расширением. Внешние обработки представляют собой обработки, которые не входят в состав прикладного решения и хранятся в отдельных файлах с расширением *.erf. Основное их преимущество заключается в том, что такие обработки можно использовать в различных прикладных решениях без изменения структуры самих решений. Кроме того, важным преимуществом внешних обработок является возможность проектировать и отлаживать их в процессе работы прикладного решения, без необходимости сохранения каждый раз конфигурации прикладного решения.

4. Планируемые результаты.

В результате проведения научно-практического исследования планируется получение следующих результатов:

1. Информационно-аналитическая система для мониторинга и оценки финансового состояния предприятий, охватывающая все основные этапы: оценку состояния предприятия; анализ и прогнозирование развития ситуации; выработку рекомендаций по корректировке отдельных направлений деятельности с целью снижения сформировавшихся негативных тенденций или их избежания.
2. Мобильная версия информационной системы для обеспечения мониторинга за состоянием предприятия.

На сегодняшний день разработано и используется большое количество мобильных приложений для мониторинга состояния личных финансов граждан, в то время как подобные приложения для предприятий и организаций практически отсутствуют на рынке. Это делает предлагаемую разработку уникальной.

3. Экономико-математические модели для мониторинга и оценки финансового состояния предприятия на основе искусственного интеллекта.

Список литературы:

1. Telipenko, E., Zakharova, A., Sopova, S. Forecasting risk of bankruptcy for machine-building plants //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 91, Issue 1, 14 September 2015
2. Telipenko, E., Chernysheva, T., Zakharova, A., Dumchev, A. Results of research on development of an intellectual information system of bankruptcy risk assessment of the enterprise //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 93, Issue 1, 13 October 2015
3. Telipenko, E., Zakharova, A. Bankruptcy risk management of a machine builder //Applied Mechanics and Materials Volume 682, 2014, Pages 617-622 (<https://tpu.pure.elsevier.com/ru/publications/bankruptcy-risk-management-of-a-machine-builder>).

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЯ ОБЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ «ОЕЕ» НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ
РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В РОССИЙСКОЙ ПРАКТИКЕ**

И.Г. Абрамова, к.т.н. доц.

Самарский университет, Россия, Самара

446086, г. Самара, Московское шоссе, 34, каф. ТПД тел. (846)-334-74-91

E-mail: abi_ssau@inbox.ru

Аннотация: В статье приведены показатели эффективности времени работы оборудования в нашей стране и за рубежом. Отмечено, что в нашей стране обращение к показателям, подобным показателю «ОЕЕ», было намного раньше. Раскрывается расчет коэффициента «ОЕЕ» через показатели, используемые в российской практике. Отмечена элементная база российских показателей, противоположная по смыслу элементной базе показателя «ОЕЕ» и составляющих вместе в сумме единое целое.

Abstract: The performance indicators of the equipment operation time of our country and abroad were presents in this article. It was noted that in our country the reference to indicators similar to the indicator "OEE" was much earlier. The calculation of the coefficient "OEE" is disclosed through the indicators used in Russian practice. The element base of the Russian indicators is the opposite of the elemental base of the "OEE" indicator and together they form a single whole.

Ключевые слова: Эффективность использования оборудования, ОЕЕ, Фотография рабочего дня, время потерь, коэффициенты уплотнения и брака.

Key words: criteria of Overall Equipment's Efficiency, OEE, "Motion study" method, loss time, coefficients of compaction, output level, level of non-conformities

Введение

Повышение производительности труда за счет сокращения потерь времени всегда являлось актуальной проблемой на предприятиях при изготовлении продукции. В период плановой экономики в нашей стране широко применялись методы учета и анализа рабочего времени и освещались в научной и учебно-методической литературе.

С развитием техники, с применением на производстве станков с ЧПУ и передовых информационных технологий появилась возможность учета затрат и потерь времени в автоматическом режиме. Поскольку уровень оснащения зарубежных производств был выше уровня оснащения станочного парка нашей страны в конце прошлого столетия, то методика оценки эффективности оборудования на основе использования цифровой передачи данных родилась не в нашей стране. Зарубежные авторы предложили для оценки эффективности оборудования показатель «ОЕЕ» на основе своих целей, понятий, терминологии.

Однако необходимо отметить, что задолго до рождения показателя «ОЕЕ» за рубежом, российские исследователи представляли на рассмотрение читателей подобные показатели, которые отражали экономию времени работы оборудования. Было бы не справедливо забывать историю развития показателей эффективности оборудования, рожденных в нашей стране. С целью установления связей между показателями оценки эффективности работы оборудования, принятых за рубежом и в нашей стране, в данной статье проведен анализ методик и раскрыты способы расчета показателя «ОЕЕ». Проследим и сопоставим расчет показателей по методикам, появившимся в разное время.

Понятие и определение показателя «ОЕЕ» и его элементов

В настоящее время показатель «ОЕЕ» (Overall Equipment Effectiveness) – «коэффициент эффективности использования оборудования» - приобрел вес и является одним из «общепринятых ключевых показателей общей эффективности технологического оборудования во всем мире» [1, 2]. Сам термин предложен в конце шестидесятых годов прошлого века Сейичи Накадзимой (Seiichi Nakajima) [3], но начал использоваться за пределами Японии только в конце восьмидесятых. Известность приобрел на рубеже веков, особенно в связи с публикацией книги американского исследователя Hansen, Robert C [4].

Общий критерий эффективности «ОЕЕ» рассчитывается по формуле:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q \quad (1)$$

где A – Availability – доступность оборудования;

P - Performance - эффективность работы или производительность;

Q - *Quality* - уровень качества.

Приведем известные принятые обозначения для дальнейшего анализа (рисунок 1):

POT (*Plant Operating Time*) - общее время работы предприятия.

PSD (*Planned Shut Down*) - время плановых остановок, т.е. время, которое необходимо исключить из анализа эффективности, поскольку производство в этот момент невозможно.

PPT (*Planned Production Time*) - планируемое производственное время.

DTL (*Down Time Loss*) - потери на остановки, включающие в себя любые внеплановые остановки, как-то: поломки и отказы оборудования, остановки из-за дефицита сырья или отсутствия места для складирования (время переходов также входит в «ОЕЕ»-анализ, так как оно является одной из форм простоя, хотя время перехода невозможно устранить, в большинстве случаев оно может быть сокращено);

OT (*Operating Time*) - операционное время - рабочее время, оставшееся после учёта остановок, учитываемое временем *DTL*;

SL (*Speed Loss*) - потери в скорости;

NOT (*Net Operating Time*) - чистое операционное рабочее время, оставшееся после учёта потерь в скорости,

QL (*Quality Loss*) - потери в качестве.

FPT (*Fully Productive Time*) - чистое производительное время.

Коэффициент «доступности» (*A*) рассчитывается по формуле [1, 2, 3, 4, 5, 6]:

$$A = \frac{OT}{PPT} = \frac{PPT - DTL}{PPT} \quad (2)$$

<i>POT</i> - Общее время работы предприятия			
<i>PPT</i> - Планируемое производственное время			
<i>OT</i> - Операционное время			<i>PSD</i> плановые остановки
<i>NOT</i> - Чистое операционное рабочее время		<i>DTL</i> потери на остановки	
<i>FPT</i> - Чистое производительное время	<i>QL</i> потери в качестве	<i>SL</i> потери в скорости	<i>DTL</i> потери на остановки
	Время потерь		
Чистое время			

Рис. 1. Состав элементов времени при расчете коэффициента «ОЕЕ»

Коэффициент «эффективности работы» или «производительности» (*Performance*) рассчитывают по следующим зависимостям:

$$P = ICT / (OT/TP) \quad (3)$$

или

$$P = (TP/OT) / IRR \quad (4)$$

где *ICT* – Идеальное время цикла (*Ideal Cycle Time*) – теоретическое, минимальное время, необходимое для выпуска единицы продукции;

IRR – Идеальная норма производства (*Ideal Run Rate*) – теоретически максимальное количество продукции, производимое в единицу времени – величина обратная *ICT*;

OT – (*operating time*) Операционное время.

TP – Выпуск продукции (*Total Pieces*) – фактическое количество единиц продукции, выпущенное за операционное время *OT*.

Причем из теоретического времени цикла должны быть исключены (а в рабочем времени могут присутствовать) такие виды потерь, как: холостая работа с небольшими остановами и работа не в полном режиме (на пониженной скорости).

Третьим элементом в составе общего критерия эффективности «OEE», является элемент, определяющий «уровень качества» (Q). Критерий качества учитывает потери в качестве, т.е. продукцию, которая не соответствует стандартам [1, 5]:

$$Q = GP / TP \quad (5)$$

где: GP – Выпуск годной продукции (Good Pieces) – фактическое количество единиц годной продукции, выпущенное за операционное время OT.

Показатели эффективности использования рабочего времени, используемые в отечественной практике

В отечественной практике используется понятие штучно-калькуляционного времени. Элементы штучно – калькуляционного времени и методы, с помощью которых можно рассчитать эти элементы отмечены на рисунке 2.

Нормативное время – трудоемкость или ШТУЧНО – КАЛЬКУЛЯЦИОННОЕ ВРЕМЯ, $t_{шт-кал}$					
ШТУЧНОЕ ВРЕМЯ, $t_{шт}$					Подготовительно-заключительное время ($t_{пз}$)
ОПЕРАЦИОННОЕ ВРЕМЯ, $t_{оп}$		ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВОВ, $t_{перер}$			
Основное ($t_{осн}$)	Вспомогательное ($t_{всп}$)	Техническое обслуживание ($t_{тех.обсл}$)	Организационное обслуживание ($t_{орг.обсл}$)	Личных надобностей Рабочего ($t_{л.н.}$)	
МЕТОД «ХРОНОМЕТРАЖ»		МЕТОД «ФОТОГРАФИИ РАБОЧЕГО ДНЯ» (ФРД)			

Рис. 2. Состав элементов штучного и штучно-калькуляционного времени и методы их определения

Методика «фотография рабочего времени» или «фотография рабочего дня» («ФРД») [7] основана на фиксации видов деятельности в процессе работы на рабочих местах. На специальном бланке («Отчет цеха за месяц о проведенных фотографиях рабочего дня») отмечалась фактическая работа каждого станка с учетом двух категорий времени: производительной работы станка и времени организационно - технических потерь. После обработки результатов отчета, классификации элементов времени, выявлялось время потерь. В дальнейшем производился расчет коэффициента «уплотнения» и повышения производительности труда. Особенно хотелось подчеркнуть, что данным методом пользовались в конце 30-х, начале 40-х годов прошлого столетия. В списке литературы намеренно приводится труд советских ученых [7], датируемый до начала Великой отечественной войны. Подобные публикации свидетельствуют о факте уверенного развития отечественной промышленности в те далекие годы.

Коэффициент «уплотнения» рабочего времени [8, 9] имеет вид:

$$K_{уп} = \frac{T_{НАБЛ} - (t_{оп} + t_{обсл} + t_{отдых.л.н} + t_{пз})}{T_{НАБЛ}} \quad (6)$$

$$\text{иначе: } K_{\text{уп}} = \frac{t_{\text{потерь}}}{T_{\text{набл}}} \quad (7)$$

где $K_{\text{уп}}$ – коэффициент «уплотнения»;

$T_{\text{набл}}$ – время наблюдения (как правило, время смены), мин;

$t_{\text{оп}}$ – операционное время (затрачиваемое на формообразование детали), мин. $t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}$;

$t_{\text{обсл}}$ – время обслуживания оборудования, которое равно сумме времени технического и организационного обслуживания, мин.: $t_{\text{обсл}} = t_{\text{тех.обсл}} + t_{\text{орг.обсл}}$

$t_{\text{отдых, л.н.}}$ – время на отдых и личные надобности станочника, мин

$t_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, мин.;

$t_{\text{потерь}}$ – время потерь за все время наблюдения, мин.

Эффективное время работы оборудования – это сумма нормируемых элементов штучно-калькуляционного времени: $t_{\text{эф}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отдых, л.н.}} + t_{\text{пз}}$

Коэффициент «уплотнения» дает возможность определить повышение производительности труда [8, 9]:

$$K_{\text{шт}} = \frac{K_{\text{уп}}}{1 - K_{\text{уп}}} \quad (8)$$

или

$$K_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{потерь}}}{T_{\text{набл}} - t_{\text{потерь}}} \quad (9)$$

Анализ показателя «ОЕЕ» с помощью терминологии, принятой в отечественной литературе

Из приведенного выше напоминания можно записать элементы коэффициента «ОЕЕ» с помощью показателей, принятых в отечественной литературе при следующих обозначениях: для коэффициента «доступности» (А) – $OT = t_{\text{эф}}$; $DTL = t_{\text{потерь}}$; $PPT = T_{\text{набл}}$.

Формула (3) будет записана:

$$A = \frac{T_{\text{набл}} - t_{\text{потерь}}}{T_{\text{набл}}} < 1 \quad (10)$$

Покажем связь двух показателей: коэффициента «доступности» и коэффициента «уплотнения».

$$A = \frac{T_{\text{набл}} - t_{\text{потерь}}}{T_{\text{набл}}} = 1 - \frac{t_{\text{потерь}}}{T_{\text{набл}}} = 1 - K_{\text{уп}} \quad (11)$$

Таким образом,

$$A + K_{\text{уп}} = 1 \quad (12)$$

Из формулы (14) следует, что коэффициенты «доступности» и «уплотнения» представляют полную противоположность по смыслу и одновременно составляют единое целое (см. рис.3).

При рассмотрении второго элемента коэффициента «ОЕЕ» – «эффективности работы» (Р), можно отметить следующее: понятие идеального времени цикла, идеальной нормы производства для отечественного читателя не совсем привычны. Поскольку слова «эффективность работы», «производительность» «идеальное время цикла» можно соотнести с непосредственным процессом работы оборудования во время обработки детали, то элементы времени «ОЕЕ» необходимо соотнести с элементами нормы штучного (штучно – калькуляционного) времени. Применяя обозначения, принятые в отечественной практике при изготовлении одной детали i -го наименования на одном рабочем месте простого вида можно записать:

$$ICT = t_{\text{осн}i}; \quad OT = t_{\text{шт}i} \text{ или } t_{\text{шт-кал}i};$$

$TP = 1$ шт. и $IRR = 1$ шт., поскольку штучное (штучно-калькуляционное) время и основное время детали соотносится только с единицей изделия, по принятой методике нормирования в отечественной практике.

Тогда коэффициент «эффективности работы» примет следующий вид:

$$P_1 = \frac{ICT}{OT/TP} = \frac{t_{оснi}}{t_{штi}/1} = \frac{t_{оснi}}{t_{штi}} < 1 \quad (13)$$

Если перейти от времени обработки одной детали ($t_{штi}$) к большему временному интервалу и обработке фактического объема производства за фактический фонд времени оборудования за плановый период ($\Phi_{факт}$), то тогда коэффициент «эффективности работы» примет следующий вид:

$$P_{N_{факт}} = \frac{ICT}{OT/TP} = \frac{\sum_1^{N_{факт}} t_{оснi}}{\sum_1^{N_{факт}} t_{штi}} \quad (14)$$

Показатель «уровень качества» можно сопоставить с показателем «выпуск годного», который всегда использовался в анализе производственной хозяйственной деятельности отечественных предприятий. Однако при оценке эффективности производства и представлении потенциально возможного роста и недопущении брака на производстве чаще определяется доля брака в общем объеме продукции или показатель «коэффициент брака» за период времени наблюдения ($T_{набл}$), отметим, что значения данного коэффициента всегда меньше единицы.

$$q = \frac{N_{браки}}{N_{фактi}} < 1 \quad (15)$$

где $N_{фактi}$ - фактический объем произведенной продукции, шт.

$N_{браки}$ – количество бракованной продукции за тот же период времени, шт.

Примем обозначения: $TP = N_{фактi}$; $GP = N_{фактi} - N_{браки}$ Тогда формула (5) примет вид:

$$Q = \frac{GP}{TP} = \frac{N_{фактi} - N_{браки}}{N_{фактi}} \quad (16)$$

С учетом формулы (18):

$$Q = \frac{N_{фактi} - N_{браки}}{N_{фактi}} = 1 - \frac{N_{браки}}{N_{фактi}} = 1 - q \quad (17)$$

Таким образом,

$$Q + q = 1 \quad (18)$$

На рисунке 4 показана связь показателей коэффициента брака (q) и «уровня качества» (Q).

Показатели элементов коэффициента «ОЕЕ» с учетом принятых обозначений в отечественной практике запишутся следующим образом:

$$A = 1 - K_{уп} \quad (19)$$

$$P_{N_{факт}} = \frac{\sum_1^{N_{факт}} t_{оснi}}{\sum_1^{N_{факт}} t_{штi}} \quad (20)$$

$$Q = 1 - q \quad (21)$$

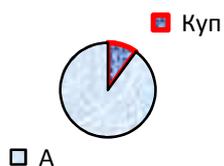


Рис. 3. Схематичное отображение коэффициентов уплотнения ($K_{уп}$) и «доступности» (A), как частей целого

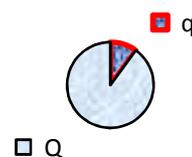


Рис. 4. Схематичное отображение коэффициента брака (q) и «уровня качества» (Q), как частей целого

Полная запись коэффициента общей эффективности работы оборудования «ОЕЕ» с использованием принятых обозначений в отечественной практике (на основе метода «ФРД») примет следующий вид:

$$OEE_{\text{ФРД}} = (1 - K_{\text{уп}}) \cdot \left(\frac{\sum_1^{N_{\text{факт}}} t_{\text{осн}i}}{\sum_1^{N_{\text{факт}}} t_{\text{шт}i}} \right) \cdot (1 - q) \quad (22)$$

Выводы

Запись коэффициента «ОЕЕ» с учетом обозначений, принятых в отечественной литературе «ОЕЕ_{ФРД}» выявляет показатели, характеризующие концентрированную причину потерь времени. Особое место отводится методу «фотографии рабочего дня».

Назначение метода «ФРД» - нормирование трудоемкости и учет времени потерь.

Назначение показателя «ОЕЕ» - не нормирование времени потерь, а учет времени простоя оборудования.

В статье показан расчет каждого параметра элементной базы общепринятого в мире коэффициента эффективности использования оборудования «ОЕЕ» в соответствии с устоявшимися понятиями, определениями в отечественной практике. Это позволит адекватно производить настройку и оценку работы оборудования.

Список литературы:

1. OEE Primer, Calculating OEE, <http://www.oee.com/calculating-oee.html>
2. Thomas R. Cutler. Improving overall equipment effectiveness with lean and value-stream mapping. 10/26/2010. <http://www.qualitydigest.com/inside/twitter-ed/improving-overall-equipment-effectiveness-lean-and-value-stream-mapping.html#>
3. Шопин, А.Г., ОЕЕ и управление простоями: от теории к реализации в SIMATIC IT / А.Г. Шопин, И.В. Занин, «Автоматизация в промышленности», 2006, 09, с. 24 – 29. http://mescenter.ru/images/abook_file/avp_shopin1.pdf
4. Hansen, Robert C. Overall Equipment Effectiveness (Print-On-Demand Edition) Powerful Production/Maintenance tool for Increased Profits. 290 Pages, Softcover Published: January, 2001. ISBN: 9780831102180. <http://new.industrialpress.com/overall-equipment-effectiveness-1.html>
5. Антоненко И., Крюков И., Шестопалов П. Эффективность использования производственного оборудования. <http://www.cfin.ru/management/manufact/oee.shtml>
6. Оптимальное планирование работ ППР – путь к повышению эффективности использования оборудования / Г. Медведева, А. Мусеридзе, Ю. Тихонова, А. Крюков, А. Зайдуллин // САПР и графика, 2013 №1, с. 84 – 89., <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=23579&iid=1085>
7. Организация машиностроительного производства, под ред. Б.Я Каценбогена. Утв. ВКДВШ при СНК СССР в кач. уч. для машиностроит. ВТУЗов. М. Л., ГОНТИ, 1941. 648 стр. (Перед загл. авт. Абрамович, Думлер, Каценбоген, Корницкий и Хейфец).
8. Организация и планирование производства на машиностроительном предприятии. [Учебник для вузов по специальности «Экономика и организация машиностроительной промышленности»]. Под ред. Проф. В.А. Летенко. М., «Высшая школа», 1972.
9. Абрамова, И.Г. Основы организации производства машиностроительного предприятия [Электронный ресурс] : (лекц. курс и практикум) : учеб. пособие / И. Г. Абрамова ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) (СГАУ). - Электрон. текстовые дан. - Самара : [б. и.], 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*М. А. Усенкова, магистрант, Д.И. Яскевич, магистрант., А. Ю. Бекмешов, к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИИ»*

*127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а,
тел: (499) 973-30-76, (499) 973-30-66, факс: (499) 973-31-67*

E-mail: mari.usenkova@mail.ru

Аннотация: в данной статье раскрывается сущность понятия «Проектный менеджмент» в контексте производства всевозможных машин и технологического оборудования в качестве средства производства, даётся оценка существующему уровню развития проектного менеджмента на пред-

приятиях обрабатывающего сектора промышленности и рассматривается комплекс проблем в соответствующих отраслях, а также обосновывается потенциальная выгода от управления проектной деятельностью в российском машиностроении.

Abstract: this article defines “Project management” in the context of the production of various machines and technological equipment as a means of production, evaluates the current project management development level at the manufacturing sector enterprises and considers the complex problems in the related industries, as well as substantiates the potential benefits of project management in the Russian industry.

Ключевые слова: проектный менеджмент, машиностроение, проект, обрабатывающая промышленность.

Keyword: project management, engineering, project, manufacturing.

Проектный менеджмент – область профессиональной деятельности, в процессе которой осуществляется достижение определённых целей проекта при балансировании между его стоимостью, временем и качеством, составляющие треугольник тройственной ограниченности. Каждая из его сторон является ограничением, и любое изменение хоть одной из них оказывает воздействие на все остальные, зачастую конкурирующие между собой. Технический подход к управлению инженерными проектами производства машин и технологического оборудования предусматривает соотношение трех стадий: заготовки деталей (литье и штамповка), их станочной обработки и сборки (рис. 1) [1, 2].

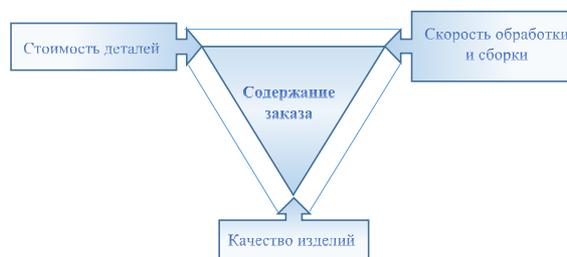


Рис. 1. Треугольник ограничений обрабатывающей промышленности

Система ПМ на металло- и деревообрабатывающих производствах заключается в технологии создания и совершенствования работы машиностроительного предприятия как объединения множества технических проектов для её стратегического целедостижения для обеспечения увеличения темпов развития экономики через более сбалансированное распределение ресурсов.

В настоящий момент на современном этапе развития управленческой деятельности в РФ были проделаны первые шаги в освоении проектного менеджмента. Первопроходцами стали российские компании-лидеры и государственные корпорации, внедряющие ПМ в области теле- и радиокommunikаций, IT- и социально-экономических проектов, энергетики, нефтегазовой и аэрокосмической промышленности, а также ВПК, строительства и торговли. Машиностроительные предприятия не являются исключением в этом отношении, однако в своём существующем состоянии они могут производить конкурентоспособную продукцию только для узкосегментированного рынка. Согласно экспертным оценкам, на международных площадках в соответствующих сегментах конкуренцию составить могут примерно лишь 50 российских компаний [3].

С начала 2000-х машиностроение пребывало в состоянии длительной стагнации, которая продолжалась вплоть до 2015 года: в станко- и автомобилестроении, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении, а также металлургии наблюдались устойчивые тенденции к спаду производства. В общих чертах темпы роста по тем временам составляли приблизительно в два раза меньше, чем в целом по промышленности, рентабельность производства упала, а число убыточных предприятий возросло аж до 40,9%.

Всё это послужило причиной возникновения повторяющегося цикла проблем машиностроения, представленного на рис. 2. И уже в своей совокупности те повлекли за собой отсутствие возможностей как для инноваций, так и для поддержания достаточно высоких темпов роста производства. Следствием этого стала утрата положения на рынке, развал и банкротство целого ряда организаций, высокая текучка кадров, моральный и физический износ технологий и оборудования. В связи

с этим большая часть российских промышленных предприятий и по сей день имеют производственную структуру и технологии, эксплуатируемые еще со времён СССР и предусмотренные для функционирования в административно-командной экономической среде. Помимо прочего, усиливается спазм ликвидности, что приводит к снижению кредитной и инвестиционной привлекательности [4].

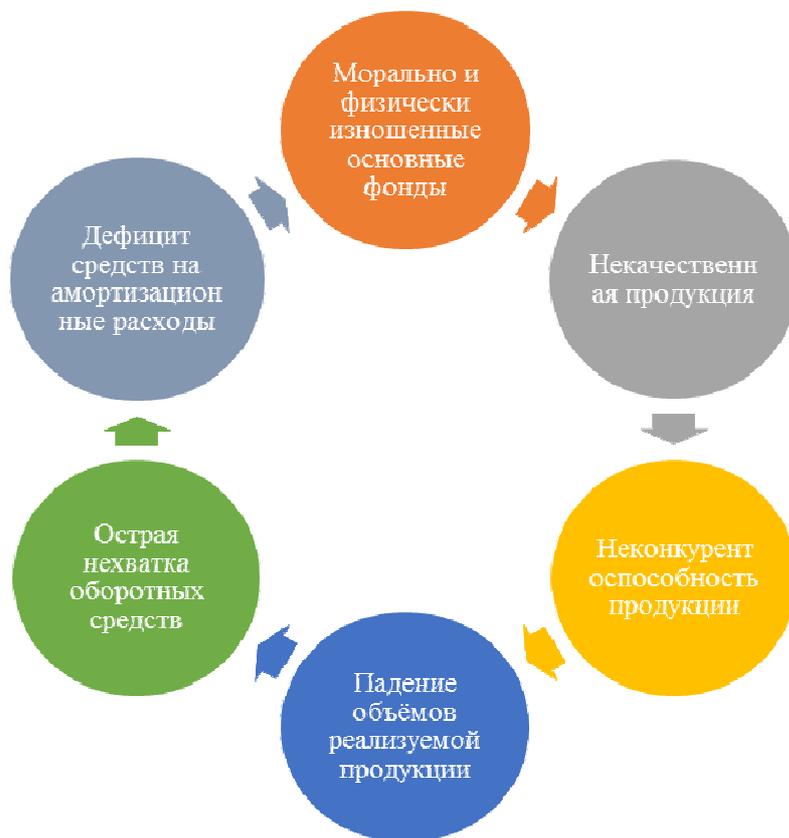


Рис. 2. Цикличность повторяющихся проблем машиностроительного комплекса

В 2015 году индекс производства машин и оборудования, электронного и оптического оборудования, а также транспортных средств и оборудования потерпел снижение на 6,3%, 7,3% и 27,2% соответственно вследствие нестабильности геополитической обстановки (табл. 1). К счастью, на следующий год положение выровнялось благодаря возрастанию спроса на отечественных торговых площадках, а сам показатель стал выше, достигнув докризисных значений и даже обогнав их. В 2017 году тенденция роста сохранилась, а уже в течение 2018 года наблюдался стабильный сдержанный рост. Эксперты также дают положительный прогноз относительно 2019 года. Следует учесть, что по значительному числу направлений ПМ в обрабатывающих отраслях промышленности существенным шагом вперёд к повышению количества разрабатываемых инновационных проектов явилось утверждение политики импортозамещения, ставшей результатом введения товарно-ограничительных санкций западными странами в отношении РФ [5].

Таблица 1

Динамика изменения индекса производства (% к предыдущему году) [5]

% к предыдущему году	2014	2015	2016	2017	2018
Производство машин и оборудования	92,2	85,9	99,5	102,6	103,1
Производство электронного и оптического оборудования	99,5	92,2	99,8	102,8	103,7
Производство транспортных средств и оборудования	108,5	81,3	100,1	103,1	103,7

Таблица 2

Обзор методов ПМ [6]

Название	Характеристики
1. Использование адаптивных или регулируемых рамок проектов APF (Adaptive Project Framework)	Позволяет совершенствовать проект поэтапно, опираясь на приобретённый опыт от предшествующих результатов. Обозначив цели проекта и непрерывно контролируя деятельность проектной группы, менеджер может обеспечить существенный рост активов компании и разработать конкурентоспособное предложение для потенциального потребителя
2. Benefit Realization (BF) Цель: Выгода от реализации проекта	Успех трактуется как приобретение ожидаемой выгоды. Если клиенты желают повысить продажи CRM (customer relationship management software – система управления взаимоотношениями с клиентами), проект не будет выполнен или реализован до тех пор, пока продажи не увеличатся на 15%.
3. AGILE	В ПМ необходимо уметь оперативно приспосабливаться к переменам, наблюдать за свежими тенденциями развития и извлекать из них выгоду, а также собирать динамичную команду проекта на принципах взаимопомощи, гибкости и взаимных уступок. Весомую роль играют стейкхолдеры (заинтересованные стороны). Они контролируют и проверяют проект на каждой стадии, а команда проекта точно и вовремя вносят коррективы в проект, создавая высококачественные продукты и услуги, соответствующие потребностям и запросам потребителей.
4. Critical Chain Project Management (CCPM) Управление проектом по методу критической цепи	Формируются критически важные для проекта основные работы с соблюдением сроков их выполнения и финальной даты окончания проекта. Критические работы проекта соединяются логическими связями с учетом ресурсных и административных ограничений. Если в проекте отсутствуют ограничения по ресурсам, расчётные показатели будут аналогичны с PERT. Если в проекте ресурсы являются ограниченными, то нужно определить околкритические работы в графике, которые довольно часто идут параллельно ключевой «красной» цепочки, но с меньшими сроками, и могут легко стать критическими, если им не уделять внимание, а также саму критическую цепочку проекта при помощи ресурсных связей.
5. Метод критического пути Critical Path Method (Cpm)	Метод позволяет определить наиболее продолжительную последовательность задач от начала до завершения проекта с учетом их взаимосвязи. При осуществлении проекта критическим задачам необходим тщательнейший контроль, поскольку <i>те</i> имеют нулевой запас времени выполнения, и при изменении их длительности, сдвигаются сроки всего проекта. Поэтому данные задачи требуют своевременного обнаружения проблем и рисков. Методология ПМ при помощи критического пути даёт возможность ежедневно сравнивать плановые и фактические показатели.
6. Методология моделирования событий Event Chain Methodology (ECM)	Оказывает помощь в выявлении и прогнозе рисков. Оценка проекта при помощи метода Монте Карло и Диаграммы цепочки событий позволяет измерить вероятность возникновения определённых рисков и их потенциальное воздействие на проект. Иллюстрация взаимосвязей между внешними воздействиями и внутренними работами проекта помогает составить план, максимально отражающий действительность.
7. Экстремальное программирование Extreme Programming (XP)	Раскрывает особенности (возможности) коротких циклов развития, частые релизы и открытое взаимодействие со стейкхолдерами. Команды сосредотачиваются на сотрудничестве и эффективности или производительности, написании наиболее простых кодов для достижения высокого уровня качества, в то же время избегая истощения и недоброкачественного конечного результата.
8. Канбан/ KANBAN	Главная цель заключается в создании непрерывного потока результатов через протяжённый во времени рабоче-производственный процесс для визуализации прогресса и выявления процессных или производственных проблем. Отслежив, где происходят простои и временные потери, проектная группа имеет возможность вскоре наладить производительность.
9. LEAN или бережливое производство	Задача данного инструментария заключается в создании системы ценностей на предприятии и обеспечении максимально высокого качества работы с минимальными трудозатратами. Lean сокращает потери производства посредством устранения узких мест на потоке, акцентируя своё внимание на ценностях потребителя и непрерывно совершенствуя производственный процесс. Применение Lean даёт возможность уменьшить затраты, оперативно выполнять работу, укладываясь в график, достигая значительных результатов в составе немногочисленных команд, привлекая к выполнению поставленной задачи наименьшее число кадровых ресурсов.
10. Бережливое производство и 6 Сигм	Исследовав, как в реальности работает производственный процесс, проектная группа устраняет потери и концентрируются на решении проблемы создания конечной ценности для потребителя.
11. Prince (проекты в контролируемой среде) Projects in Controlled Environments (PRINCE2)	Любой проект имеет бизнес-обоснование и содействует созданию ценности. Планирование начинается с четкого определения потребностей, запрашиваемых клиентом, реальной выгоды и правильной оценки затрат.
12. PRISM (проекты со встроенными устойчивыми или жизнеспособными методами)	Подразумевает сочетание проектного планирования с экологической устойчивостью мер путём уменьшения расходов энергии и распределения затрат при одновременном снижении воздействия предприятия на окружающую среду.
13. Процессно-ориентированное проектное управление PBPM (Process-Based Project Management)	Даёт гарантию того, что цели любого проекта будут идти в том же направлении, что и миссия компании. Перед инициацией проекта план проекта оценивается для определения его соответствия миссии компании. Если же итог анализа отрицателен, то все стратегии и цели видоизменяются. Каждое действие добавляет ценность к стратегическому видению организации. Также подходят и для административных проектов в компаниях.
14. SCRUM	Стремясь к продуктивности, сосредоточиваясь и взаимодействуя, проектная группа может добиться высококачественного результата за краткосрочный период и одновременно легко приспособиться к изменениям. Работа в команде происходит в короткие «рывки/забеги» для наибольшего эффекта, имеется возможность испытаний новых итераций быстро и с мгновенной фиксацией ошибок.
15. SIX SIGMA	Предполагает, что 99,99966% производимой продукции является бездефектной – это именно тот показатель, к которому должна стремиться компания в своей работе, оптимизируя свои процессы и качество изделий благодаря сокращению дефектов.
16. Водопад (поточный метод) Waterfall	Предусматривает разделение проекта на ряд последовательных задач, которые выполняются проектной группой по определённому алгоритму с чёткой постановкой целей и заданных сроков, завершая каждое задание прежде чем приступить к следующему. Детальное планирование устанавливает тщательный график (определённые сроки) и бюджет.

На сегодняшний момент в ПМ выделяют 16 общеизвестных методологий, описание которых представлено в табл. 2. Все перечисленные методы проектного менеджмента по-своему уникальны и имеют индивидуальные достоинства и недостатки, использование методологии ПМ во многом зависит от целей,

типа и контекста проекта. При условии применения имеющихся в наличии ресурсов обширное использование методов и инструментария ПМ даст возможность повысить экономическую эффективность до 25%, снизить затраты на реализацию проектов приблизительно на 22-27% и сократить время порядка 17-20%, причём в нашей стране ПМ наиболее эффективен с позиции сокращения расходной части, чем по срокам реализации проектов сопоставительно с теми же международными показателями, что связано с расхождением в зарубежном и отечественном уровнях управленческих технологий [6].

Исходя из проведённого анализа текущего состояния машиностроительного комплекса, можно сделать вывод о том, что, вопреки некоторой благоприятной динамике последнего времени совокупность отраслевых проблем пока не урегулирована, поскольку, оказавшись в условиях необходимости самофинансирования, множество машиностроительных предприятий вынуждены существовать в режиме выживания.

Список литературы:

1. Управление проектами // Википедия. [2019—2019]. Дата обновления: 01.03.2019. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=98391032> (дата обращения: 01.03.2019).
2. Тройственная ограниченность // Википедия. [2018—2018]. Дата обновления: 17.03.2018. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=91560880> (дата обращения: 17.03.2018).
3. Беляев В.В. Анализ состояния отечественного машиностроения // Вестник СамГУ. 2014. №6 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-otechestvennogo-mashinostroeniya> (дата обращения: 17.04.2019).
4. Гвоздева Е.А., Викулина А.С., Голубицкая М.П. Анализ общего состояния машиностроительной отрасли России // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сб. ст. по матер. XLVII междунар. науч.-практ. конф. № 3(47). – Новосибирск: СибАК, 2015.
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: офиц. сайт /Росстат. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 12.03.2019).
6. Методы управления проектами. 16 методологий управления проектами // GANTBPM. URL: <https://gantbpm.ru/metody-upravleniya-proektami/> (дата обращения: 28.06.2016).

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ УЧАСТНИКОВ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

А.А. Захарова, д.т.н., А.Н. Лазарева

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: aaz@tpu.ru, lazarevanastya@mail.ru

Аннотация: В статье обоснована актуальность разработки теоретических основ опережающей подготовки инженерно-технических кадров для моногородов-территорий опережающего развития. Предложена технология информационного обеспечения сетевого взаимодействия основных участников опережающей подготовки инженерных кадров.

Ключевые слова: территория опережающего развития, моногород, инженерные кадры, информационное взаимодействие.

Abstract: The article substantiates the relevance of the development of the theoretical foundations of advanced training of engineering and technical personnel for single-industry cities-territories of advanced development. The technology of information support of the network interaction of the main participants of the advanced training of engineering personnel is proposed.

Keywords: territory of advanced development, single-industry city, engineering personnel, information interaction.

Последующее инновационное формирование экономики России, ликвидация отставания от ведущих мировых держав в основных секторах экономики и направлениях научно-прикладных исследований, развитие «цифровой» экономики требует радикальных и скоординированных действий органов государственной власти, бизнеса и общества. Развитие Сибирского региона и Дальнего Востока играет главную роль для полноценного формирования экономики России. Эти местности обладают большим сосредоточением таких стратегически важных энергоресурсов как газ, нефть, уголь. Сибирь обладает развитой гидроэнергетикой. Дальний Восток обилён биоресурсами. Сибирский ре-

гион и Дальний Восток не только обеспечивают страну природными ресурсами, но и имеют высокий технологический и научно-технический потенциал. Три из десяти закрытых административных территориальных образований атомной отрасли и многочисленные промышленные моногорода находятся здесь. Развитие страны в восточном направлении определяет территории Сибири и Дальнего Востока как основной транспортно-логистический коридор для продвижения российских товаров на рынки стран азиатско-тихоокеанского региона (АТР). Вследствие чего, Сибирь и Дальний Восток имеют возможность развиваться более высокими по сравнению со среднероссийскими темпами, в то же время могут благополучно вливаться в экономическое пространство стран АТР, тем самым играя большую роль в экономическом развитии России. Исходя из этого, был принят курс на ускоренное развитие Дальнего Востока и Сибири, улучшение социально-экономической ситуации в моногородах и закрытых административных территориальных образованиях [1].

Принятый в 2014 году Федеральный закон «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации», призван оказать значительное влияние на социально-экономическую ситуацию в моногородах через привлечение инвестиций и создание условий ведения бизнеса. В задачи для достижения цели экономического развития моногородов ставится расширение ассортимента выпускаемой городскими предприятиями продукции, переориентация рынков сбыта, освоение новых видов производств для повышения эффективности, получения экономической выгоды и предотвращения банкротства предприятий.

Актуальность разработки теоретических основ опережающей подготовки инженерно-технических кадров для моногородов-территорий опережающего развития обусловлена важностью создания условий для:

- целевой интенсивной подготовки инженерно-технических кадров;
- непрерывного взаимодействия инженерных школ, исследовательских университетов и представи-телей производства в вопросах подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров, обеспечивающего непрерывность образования;
- появления на базе образовательных организаций и производств научно-технических площадок, лабораторий, бизнес-инкубаторов для создания инновационных коммерчески выгодных продук-тов и эффективных производств на базе идей научно-исследовательских коллективов, вновь созданных предприятий и начинающих предпринимателей, что необходимо для возрождения городов, находящихся в экономической депрессии, поощрения инновационной деятельности и предпринимательской активности в университетах, а также для создания привлекательных условий для частных инвесторов.

Одним из первых в России в начале XX века на проблему опережающего обучения и подготовки кадров обратил внимание известный ученый-историк В.О. Ключевский, отмечая, что содержание образования должно определяться требованиями времени, а не только сложившимися традиционными представлениями о воспитанном и образованном человеке. В советский период вопросы опережающей подготовки кадров практически не поднимались, за исключением ряда областей науки, в которых советское государство непосредственно конкурировало с ведущими мировыми экономиками, и преуспело благодаря прорывным технологиям, опережающим своё время [2].

К середине 80-х гг. XX столетия появилась острая необходимость в анализе вектора научно-технического развития СССР с целью выявления новых отраслей научных знаний, а так же новых специальностей для их практической реализации. Были предприняты шаги по организации на межотраслевом уровне нормативно-правовой базы различных форм опережающей подготовки кадров. Однако резкое изменение политического курса СССР и перестройка привели к кризису в отечественной научной прогноктики и утрате научных кадров в этой области.

В настоящее время проблема опережающей подготовки кадров в Российской Федерации является социальным заказом и её пытаются актуализировать на правительственном уровне, как в нашей стране, так и за рубежом. В связи с этим появился ряд работ, основной лейтмотив которых указывает на необходимость разработки научной методики выявления вероятного успешного вектора научно-технического и социально-политического развития и выявления вероятных специальностей и направлений подготовки кадров [3].

Несмотря на то, что опережающая подготовка инженерных кадров и команд профессионалов мирового уровня на современном этапе развития российского высшего инженерного образования является наиболее эффективным инструментом повышения конкурентоспособности техники и технологий, научных работ, которые были бы посвящены изучению проблеме и предлагали бы варианты концептуальных моделей непрерывной опережающей подготовки кадров крайне недостаточно

(Агранович Б.Л., Кошовкин И.Н., Мангазеев В.П., Похолков Ю.П.), а научные работы, представляющие собой комплексное исследование развития моногородов, в том числе развитие системы подготовки профессиональных кадров для развивающихся производств и бизнеса практически отсутствуют. Не существует и средств комплексного информационного обеспечения сетевого взаимодействия в сфере подготовки инженерных кадров.

Основными участниками информационного взаимодействия при опережающей подготовки инженерных кадров являются учебные заведения, органы власти и управления, работодатели и индивидуумы. Учебные заведения при подготовке инженерных кадров руководствуются федеральными государственными стандартами. В результате чего в России государственная аккредитация учебных заведений и образовательных программ ориентирована только на контроль знаний выпускника и практически не учитывают требования работодателей. Работодателей при приеме выпускников на работу в первую очередь интересует их профессиональные компетенции, способность ориентироваться в производственной обстановке, решать нестандартные задачи, принимать самостоятельные решения в пределах своей компетенции и отвечать за них, а не соответствие их подготовки требованиям ФГОС. Выпускник считает качественным образование, которое позволяет ему получить работу, конкурировать на рынке труда и развивать карьеру. Трудоустройство выпускников усложняется высоким уровнем различий в образовательных программах учебных заведений по идентичным направлениям и специальностям. Когда учебные заведения будут способны гибко следовать за изменениями требованиям работодателей и конъюнктуры рынка, образовательная деятельность будет успешной.

При реализации образовательных программ на территориях опережающего социально-экономического развития проблема противоречия между спросом и предложением на рынке образовательных услуг и рынке труда становится особенно острой. В процессе расширения ассортимента выпускаемой продукции и создания новой появляется необходимость в привлечении специалистов нового профиля. Таким образом, необходимо наладить связь между работодателями и учебными заведениями для кадрового обеспечения.

Необходимость анализа потребностей рынка труда и планирования актуальных и востребованных профилей подготовки влечет увеличение роли информационного взаимодействия работодателей, индивидуумов, учебных заведений и органов местного самоуправления [4]. На сегодняшний день данное взаимодействие реализуется крайне слабо, основные информационные потоки между субъектами, участвующими в подготовке кадров представлены на рис.1.

Информационное взаимодействие между учебными заведениями и работодателями осуществляется путем проведения опросов по выявлению потребностей в специалистах и компетенций, которыми они должны обладать, прохождения практик студентами, проведения совместных мероприятий (конференции, круглые столы), создания научных лабораторий в интересах определенных работодателей (возможно совместное финансирование), реализации программ дополнительного профессионального образования, целевой подготовки специалистов. Учебные заведения руководствуются Федеральными государственными образовательными стандартами и контрольными цифрами приема, которые могут быть скорректированы согласно потребностям рынка труда. Индивидуум реализует взаимодействие с другими участниками опережающей подготовки инженерных кадров через образовательные программы (получение компетенций, научно-исследовательская работа, прохождение практик на предприятиях, получение дополнительных квалификаций), устройство на работу.



Рис. 1. Схема информационного взаимодействия при реализации образовательных программ

Что касается создания средств информационного обеспечения сетевого взаимодействия в процессе подготовки профессиональных кадров, то следует отметить, что на сегодняшний день практически не рассматриваются проблемы создания комплекса взаимосвязанных методов и инструментов, которые могли бы обеспечить информацией для принятия решения о подготовке кадров всех заинтересованных субъектов. На рынке информационных услуг системы, обладающей полным перечнем требуемых функций и отвечающей полностью заявленным требованиям, не существует. Разрабатываются информационные системы, которые обеспечивающие процессы управления образовательной деятельностью, различные по выполняемым ими функций и составу. Например, коллективом «Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» проведено исследование по проблеме соответствия компетенций образовательных программ высшего профессионального образования требованиям работодателей, предъявляемым к знаниям, умениям и навыкам выпускников. Предложена автоматизированная информационная система разработки основных образовательных программ, обеспечивающая учет требований работодателей к результатам обучения студентов на этапе проектирования основной образовательной программы высшего профессионального образования. Яблонским В.В. отмечается целесообразность использования сервис-ориентированного подхода для информационного обеспечения выбора образовательной траектории, но при этом рассматривается только структурированное предоставление информации об учебных заведениях и их услугах, при этом задача оценки этих образовательных услуг не ставится. Среди наиболее близких систем также стоит выделить рекрутинговые порталы и порталы образовательных учреждений. Однако, они обеспечивают только двухстороннее взаимодействие вида «учащийся-работодатель» и «учащийся-учебное заведение». Также существует ряд мобильных и интернет-приложений, реализующих отдельные функции предлагаемой в данном проекта системы. Например, приложение LinkedIn Students – сервис собирает информацию из профиля студента и предлагает возможные пути развития карьеры, работодателей. В [5] разработана система оценки образовательных программ, обеспечивающая трехстороннее взаимодействие основных участников рынка образовательных услуг: работодателей, обучающихся и учебных заведений, но она не учитывает особенностей опережающей подготовки.

Таким образом, актуально создание технологии информационного обеспечения сетевого взаимодействия основных участников опережающей подготовки инженерных кадров. Информационное обеспечение опережающей подготовки должно реализовываться посредством разработки Web-ориентированной информационной системы, обеспечивающей сетевое взаимодействие основных участников рынков образовательных услуг и труда (Web-портала). Основное назначение этого портала – предоставить информационную среду, реализующую сетевое взаимодействие всех заинтересованных в подготовке кадров субъектов, а также обеспечить процессы принятия решений адекватной информацией. Технология функционирования такой информационной системы основывается на принципах работы социальных сетей, что позволяет пользователям не только размещать информацию и осуществлять поиск необходимой информации, но и организовать группы, осуществлять подписки на новости, и, самое главное, осуществлять взаимные оценки, например: качества образовательных программ, условий их предоставления в учебных заведениях, уровня и качества выпускников (компетенций обучающихся), востребованности выпускников у работодателей, качества предоставляемых работодателем вакансий), потребностей государства и регионов в инженерных и научно-педагогических кадрах исходя из приоритетов научно-технического развития государства и др. Одной из ключевых особенностей портала является включение в информационный контур системы опережающей подготовки инженерно-технических и научно-педагогических кадров индивидуумов, что создает возможности для управления образовательными траекториями индивидуумов в течение всей профессиональной карьеры. Под образовательной траекторией индивидуума понимается последовательность получения им знаний, умений, навыков, компетенций в течение всей сознательной жизни. Процесс выбора образовательной траектории осуществляется индивидуумом неоднократно, выбранная образовательная траектория может корректироваться в зависимости от сложившихся на момент выбора условий принятия решений. Задача выбора оптимальной образовательной траектории рассматривается в комплексе решаемых проблем для каждого из субъектов принятия решения: индивидуум; социальное окружение индивидуума; работодатели; учебные заведения; органы муниципального, регионального и государственного управления и др. Каждый из субъектов преследует свои цели, и в тоже время, не может не принимать во внимание цели других субъектов. Цели одного из

субъектов могут являться ограничениями для принятия решений другого субъекта. Технология поддержки выбора индивидуальной образовательной траектории представлена на рис.2.

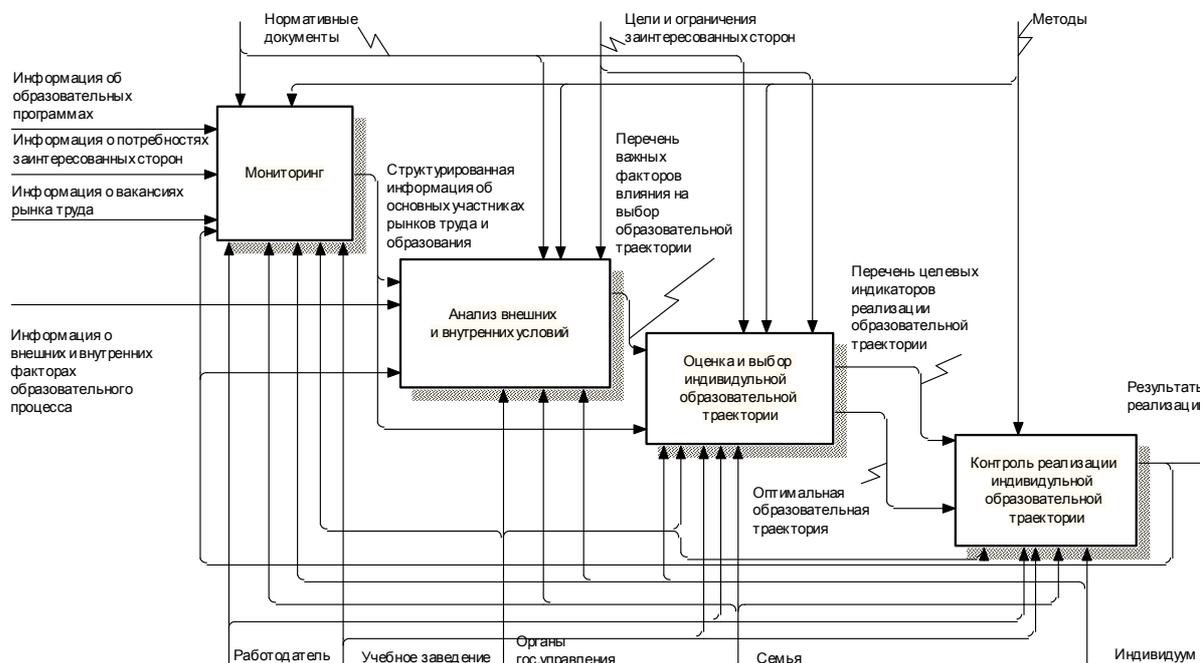


Рис. 2. Технология поддержки выбора индивидуальной образовательной траектории (ИОТ)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-013-00486.

Список литературы:

1. Аврамчикова Н.Т., Данильченко Ю.В., Пучкин М.Б. Проектное управление инновационной деятельностью в территориях опережающего социально-экономического развития // Сибирский журнал науки и технологий. 2017. №3.
2. Ключевский В.О. Неопубликованные произведения / Составители Р.А. Киреева, А.А. Зимин. М.: Изд-во Наука. 1983. - С. 84
3. Журавлева М.В. Система опережающей подготовки кадров для нефтегазохимического комплекса (на примере Республики Татарстан). / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук. Казань. 2012.
4. Ривчун Т. Е. Модели взаимодействия высших учебных заведений и работодателей как основа подготовки востребованных специалистов // Сервис+. 2009. №3.
5. Захарова А.А. Лазарева А.Н., Зорина О.Ю., Останин В.В. Информационная система поддержки выбора индивидуумом образовательных программ // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13814>

СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Е.А. Стрековцова, аспирант ТПУ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: strekovtsovaea@tpu.ru

Аннотация: В статье рассматривается автоматизация с точки зрения социально-философских наук. Как направление научно-технического прогресса, автоматизация производства использует технические средства и вычислительные методы в процессах получения, преобразования, использования, сохранения, передачи изделий, информации для помощи человеку. В то же время, автоматизация производства стремится вытеснить человека из его жизни, что не может не настораживать. Ав-

тор делает выводы, что использование автоматизированных систем производства несет за собой как повышение производительности труда, так и проблемы социального характера.

Abstract: The article deals with automation from the point of view of social and philosophical sciences. Automation of production is the direction of scientific and technological progress, using computational methods and technical means to assist a person in the processes of obtaining, using, converting, storing, transmitting information, materials, products. Automation seeks to oust a person from his life, which can not but alarm. The author concludes that the use of automated production systems carries with it both an increase in labor productivity and social problems.

Ключевые слова: философия, автоматизация производства, техника, компьютеризация, информация, человек.

Keyword: philosophy, production automation, technology, computerization, information, person.

Любое социальное явление, ставшее результатом определённых изменений в технологическом укладе жизни, просто и понятно рассматривать с точки зрения развития. Зависимость социальных процессов от развития технологий очевидна. При каждой научно-технической революции коренным образом менялся уклад жизни людей и их быт. Даже в случае неглубокого, поверхностного изменения технологий всё равно жизнь людей оказалась подвергнута определённым изменениям.

Если рассмотреть эту ситуацию в более узком смысле, взяв за развитие технологий только производственные технологии, то тенденция сохранится. Человеческое общество претерпит изменения из-за смены производственных технологий, в частности, появления автоматизации производства.

Роль автоматизации производства в современных условиях становится всё более значимой благодаря появлению и распространению информационных технологий. И философскому осмыслению изменений, которые происходят в информатизационном и компьютеризационном обществе, уделяется внимание с самого момента появления компьютера и до настоящего времени.

По мнению одного из ведущих социологов современности Мануэль Кастельс, который специализируется в области теории информационного общества: в конце двадцатого столетия мы переживаем редкий момент истории нашей «материальной культуры» через работу новой технологической парадигмы. Такая «материальная культура» не может не оказывать влияния на существующее положение вещей, на строй мысли человека, на его реакцию на определённые изменения в технологическом укладе. Информационные технологии серьёзнейшим образом изменяют нашу жизнь, как в быту, так и в производстве.

На начальном этапе компьютеризация индустриального общества изменялась появлением автоматизированных систем управления (АСУ): сначала это были АСУ предприятиями (АСУП) для управления электронным документооборотом, далее - с повышением надёжности компьютеров внедрялись АСУ технологическими процессами (АСУТП). Эти два класса АСУ объединялись в интегрированные системы (ИАСУ) и гибкие автоматизированные производства (ГАП), дополняющиеся системами автоматизированного проектирования (САПР).

Этот этап вызывал разную реакцию со стороны участников производства. С одной стороны, предлагаемые новшества принимались и использовались, так как действительно улучшали и облегчали качество работы. С другой стороны, появлялись некоторые опасения относительно того, что человеческий труд заменяется машинным трудом, и деятельность данного конкретного человека оказывается ненужной, вакансии сокращаются, работник увольняется, грядёт технологическая безработица. Постепенно этот этап был пройден или находится на стадии его завершения. Все нововведения были приняты, что в положительном ключе сказалось на организации производства. Бумажные чертежи сменились чертежами в электронном виде, сам способ проектирования тоже претерпел серьёзные изменения. Стало возможным хранить и обрабатывать большое количество данных с разных источников о функционировании технологического процесса. В частности, в энергетике используется большое количество терминалов, шкафов сбора информации, шкафов сигналов и сетевых коммуникаций. Встал вопрос о необходимости обработки большого массива данных, о быстром доступе к этим данным, что неизбежно подталкивает к созданию информационных систем в продолжение автоматизированным системам [4].

Переломными научно-техническими решениями, которые определили смену парадигмы и приоритетов характеристик информационных систем и начало вхождение в эпоху построения «постиндустриального общества» является переход в 1991 г. к массовому производству персональных компьютеров и появление в это же время надстройкой над Интернет. Философско-антропологический эффект на обще-

ство от применения данного вида технологий только предстоит изучить, но уже становится понятным, что изменения будут значительными.

Становится доступным заменить работу и рабочих, выполняющих физический труд, и целые отделы, обрабатывающие и анализирующие информацию. С точки зрения эффективности производства – это эффективно, это повышение производительности труда, уменьшение фонда заработной платы, сокращение издержек. С точки зрения государства, всей системы в целом – это представляет определённую социальную опасность, так как, наряду с очевидным улучшением, ускорением производства, следуют и проблемы трудоустройства граждан, обеспечения их работой, которую теперь выполняют машины. И это очень важная проблема, которую необходимо осмыслить и решить.

С этой же точки зрения, с точки зрения государства нет ничего важнее, кроме как умелой, грамотной организации человеческого общества в рамках, будь то коллектива учащихся, трудового коллектива, коллектива в одной отрасли или же в рамках всего государства. Последний – самый важный и включающий в себя все остальные иерархические уровни [3].

То, как успешно функционирует группа людей, население в рамках всей страны, определяется благосостоянием граждан, быт, их моральные ценности и установки. Правильное, нормальное функционирование, применение своего труда гражданами, – есть следствие умелого, качественного управления государством. Однако помимо управленческих талантов руководителей, их преданности своей стране и своему народу, существует инструментарий, при помощи которого люди, обладающие властью, могли бы влиять на ситуацию, могли бы управлять. И частью этого инструментария, безусловно, является производственный потенциал государства, – способность страны обеспечить своих граждан достаточным уровнем материального обеспечения, товарами лёгкой, тяжёлой, пищевой промышленности, способность обеспечить защиту граждан от природных катаклизмов, от военных агрессий, обеспечить образование, организовать их быт, отдых, воспитание детей в детских садах, школах. Повышение производственного потенциала государства означает не только видимые изменения технологического процесса или изменение сознания представителей общества, но и повышение трудоспособности и обороноспособности государства [2].

Пока нет серьёзных исследований, свидетельствующих о благотворном воздействии новых технологий на человеческую психику. Многие исследователи утверждают: компьютеризация сильно влияет на человеческую природу, меняет человеческое сознание. Появляются люди, полностью или частично лишённые эмоционального мира. Это дети эпохи компьютеризации [1].

Свободное производство и передвижение информации, неограниченный доступ к информации и ее использование для стремительного научно-технологического и социального прогресса, для научных нововведений, развития знаний, решения демографических, экологических проблем возможны лишь в подлинно демократических обществах, где признаются свобода и права человека, где открыты возможности для экономической и социальной инициативы, но где в то же время нет места полной бесконтрольности и анархии. Ясно, что об отрицательных последствиях информатизации общество должно думать постоянно и делать все для того, чтобы по возможности избежать их.

Философское и методологическое осмысление происходящих изменений и событий важно с точки зрения эффективности развития производственных технологий. На их основе могут быть сформулированы универсальные методологические принципы развития технологий, просчитаны социальные риски внедрения новых технологий и принято соответствующее выверенное правильное решение.

Статья выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-013-00192.

Список литературы:

1. Закурдаев Р.Ю. Социальные проблемы автоматизации производства // Научное и образовательное пространство: перспективы развития : материалы II Междунар. науч.-практ. конф./ – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – С. 351-355. – ISBN 978-5-9907548-3-6.
2. Прохоров-Малясов Г.С. К проблеме ценности социального прогресса в аспекте феномена антропо-социальной идентичности.//Социально-гуманитарные знания. 2016. Т. 10. С. 35-43.
3. Стрековцова Е.А. Философия и стратегия цифровизации моногородов [Электронный ресурс] // Современные технологии принятия решений в цифровой экономике: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 15-17 ноября 2018 г., г. Юрга – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – [С. 32-34].

4. Рынкевич С. А. Общетеchnические и философские проблемы автоматизации технических объектов // Вестник Белорусского национального технического университета: научно-технический журнал. – 2007. – № 1. – С. 86-93.
5. Стрековцова Е.А. Концепция идеального города "Smart city" на примере сибирского моногорода [Электронный ресурс] // Становление личности в современном обществе : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, 20–22 сентября 2018 г. , г. Юрга – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – [С. 308-312].
6. Макиенко М.А., Чмыхало А.Ю., Ардашкин И.Б. Теоретические и методологические основания формирования образа инженера новой генерации в современных зарубежных и отечественных исследованиях // Вестник науки Сибири. 2016. № 4 (23). С. 54-64.

АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВУЗА

Н.В. Пустовалова, Е.В. Драгунова, к.э.н., доц., Л.С. Драгунова, доц.

Новосибирский государственный технический университет

630073, г. Новосибирск, пр.К.Маркса 20, тел. (3833)-46-06-79

E-mail: NVPustovalova@gmail.com

Аннотация: в данной статье показана важность цифровой составляющей в современной образовательной экосистеме. Выделены основные составляющие и типы взаимодействий, происходящих внутри цифровой экосистемы. С помощью нотации USE CASE UML подробно описаны бизнес-правила функционирования образовательной системы будущего

Abstract: this article discusses the importance of the digital component in the modern educational ecosystem. There are identified the main components and types of interactions within the digital ecosystem. There are presented USE CASE models for future educational ecosystem

Ключевые слова: цифровая экосистема, акторы, биотические и абиотические взаимодействия

Keyword: digital ecosystem, actors, biotic and abiotic interactions

Сегодня мы можем наблюдать построение новой образовательной системы и отслеживать, насколько эффективно осуществляется взаимодействие между образовательными учреждениями разных типов, бизнесом, государством, семьями, социальными организациями, международными ассоциациями, и даже медицинскими учреждениями и исследовательскими организациями. В качестве основы построения модели обучения нами предлагается использовать популярную концепцию построения экосистем, успешно применяемую в области биологии и экологии. Под образовательной экосистемой понимается совокупность акторов (рисунок 1), существующих в образовательной среде (обучаемые, преподаватели и организации), и все взаимодействия между ними, происходящие в физическом и цифровом пространстве [1, 2].

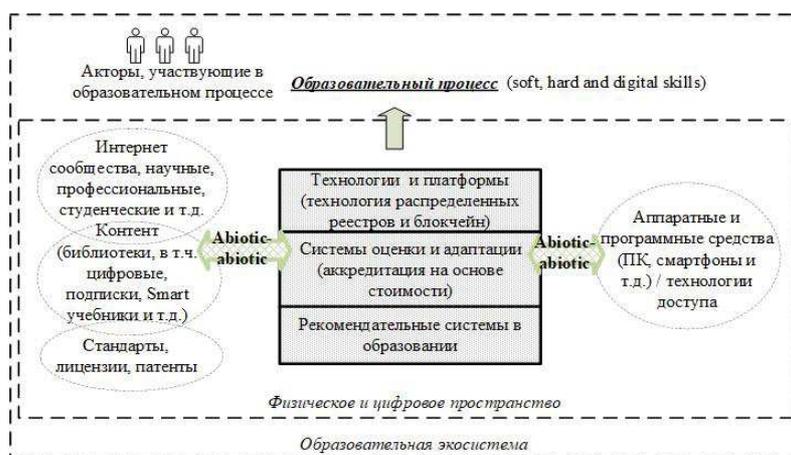


Рис. 1. Модель образовательной экосистемы

Современная образовательная экосистема обязательно включает в себя цифровую обучающую экосистему – DTLE [см., например, 3], в которой существенными являются не только взаимодействия между основными акторами, но и свойства цифрового пространства.

В качестве биотических компонентов образовательной экосистемы можно выделить физические лица (обучающиеся и обучающие), и организации, как непосредственно участвующие в образовательном процессе или осуществляющие интеграцию между бизнесом, научным сообществом и образовательными центрами, так и контролирующие этот процесс. К абиотическим компонентам можно отнести аппаратные (планшетные и персональные компьютеры, мобильные устройства, интерактивные доски, 3D принтеры, очки виртуальной и дополненной реальности), программные средства, образовательные платформы и технологии (онлайн, личностного развития, управления карьерой и т.д.), технологии доступа (Wi-fi, 4G, WiMax), стандарты (разрабатываемые, например, в области открытого образования организациями: IMS GLC, IEEE LTSC, ADL) и сервисы (средства Web 2.0), инструменты (коммуникационные – чаты, e-mail, мессенджеры, форумы; для организации совместной деятельности – блоги, Wikimedia, облачные сервисы; оценки и адаптации образовательной экосистемы), контент (в т.ч. образовательные материальные ресурсы – книги, журналы, библиотеки и цифровые образовательные ресурсы – электронные библиотеки и специализированные подписки, smart учебники, видео- и аудио-лекции).

На базе биотических компонентов и взаимодействия между ними (биотик-биотик) формируются сообщества, отражающие интересы различных акторов, и способствующие реализации взаимодействий между ними (образование, бизнес, наука). Кроме того, такие акторы как обучаемые и обучающие, находятся в своих нишах, где акторы одного типа взаимодействуют друг с другом. Симбиотическое взаимодействие между компонентами обеспечивает баланс и позволяет экосистеме адаптироваться к внешним воздействиям. Современные типы взаимодействия между компонентами можно разделить на три типа: «биотический-биотический», «биотический-абиотический» и «абиотический-абиотический».

Основным видом взаимодействий первого типа является взаимодействие между обучаемым и обучающим, например, взаимодействие преподавателей, подготавливающих и проводящих занятия со студентами и школьниками (непосредственное взаимодействие – F2F, e-learning и т.д.). Это могут быть разнообразные отношения: преподаватель – разработчик образовательных траекторий (описание дисциплин/ модулей для выбора, согласование образовательных траекторий), тьютор – преподаватель (подготовка, реализация и контроль учебного процесса), координатор образовательной платформы – преподаватель (предоставление ресурсов платформы, создание и актуализация контента, мониторинг и совершенствование работы платформ), преподаватель – преподаватель (создание и актуализация контента, генерация и апробация новых подходов и методик, совместная разработка образовательных программ/модулей).

Кроме того, модель включает отношения студент - студент. В этом случае студенты обмениваются контентом, оценкой деятельности образовательных организаций, программ и т.д. Студент – школьник – это один из недостаточно освоенных видов взаимодействий, например, заключающийся в совместном выполнении проектов, информировании об особенностях обучения в высшей школе по сравнению со школой, подготовка и проведение квестов и т.д. Последняя группа акторов – организации. Они агрегируют различные компоненты экосистемы для управления, формализации и контроля образовательного процесса. Предоставляют аппаратные и программные ресурсы, площадки и платформы другим акторам.

Отношения второго типа подразумевают целенаправленное использование акторами абиотических компонентов среды, в том числе их создание и доработку (стандарты, платформы и интерфейсы). Так, акторы ниши «обучающий» пользуются ИТ-интерфейсами и сервисами для разработки и публикации курсов (edX, Moodle, Versal, Eliademy, iSpring Online и т.д.), контроля и оценки результатов деятельности обучаемых (например, тестовые системы), разработки и закрепления образовательных траекторий.

Такого рода сервисы и интерфейсы могут быть созданы на базе организаций, или интернет-сообществ. В рамках ниши «обучаемый» взаимодействие с интерфейсами может быть направлено на совместное создание и использование контента. В этом случае могут возникать как симбиотические, так и паразитические отношения (например, плагиат), в зависимости от вклада каждого из акторов.

Отношения третьего типа – наиболее востребованная и перспективная в будущем сфера исследований, т.к. затрагивает область применения технологий искусственного интеллекта. В перспективе «абиотическое – абиотическое» взаимодействие будет происходить без участия человека, под управлением рекомендательных систем между аппаратными/программными средствами, технологиями и цифровым контентом.

Отдельно стоит отметить взаимодействия адаптивного характера. Они помогают экосистеме в целом реагировать на изменения среды. Так, профильные сообщества (бизнес – LinkedIn, студенче-

ские - сообщества университетов в социальных сетях, научные и профессиональные – Хабрхабр) участвуют в разработке стандартов, затрагивающих образовательный процесс. Разработчики создают мешапы для улучшения работы платформ.

С точки зрения обучаемого глобальная цель процесса обучения в рамках экосистемы заключается в стремлении к постоянному саморазвитию. Процесс обучения в новой образовательной системе можно рассмотреть с точки зрения целей и механизмов (рисунок 2).

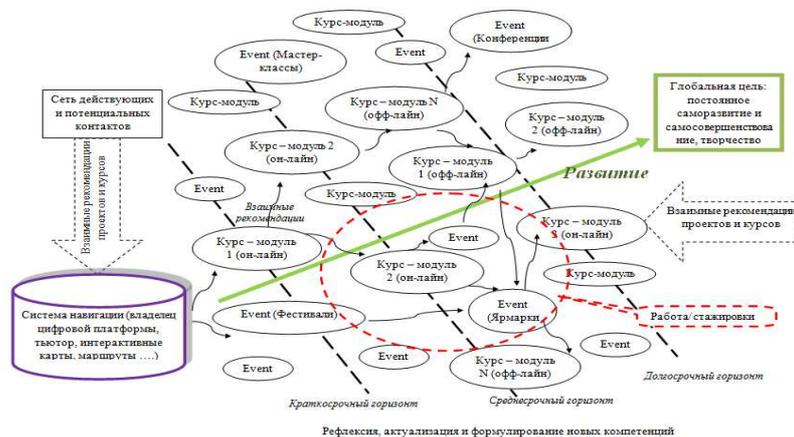


Рис. 2. Модель обучения в рамках экосистемы с точки зрения обучающегося

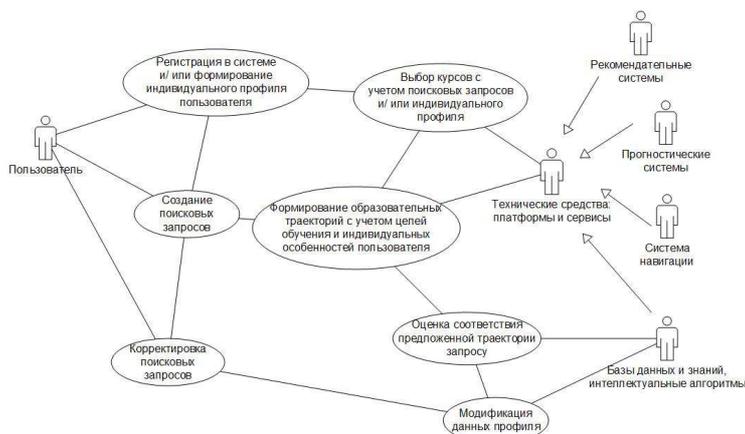


Рис. 3. Процесс обучения с точки зрения обучающегося

После освоения нескольких курсов-модулей и посещения событий обучаемый может проверить правильность траектории посредством реализации компетенций на практике в системе стажировок или работе на предприятии, при несоответствии желаемого и реального результатов происходит перенастройка траектории. Рекомендательная система должна обеспечивать альтернативный выбор платной, бесплатной и смешанной траекторий развития (рисунок 4).

Пользователи экосистемы не только создают контент, но и определяют правила и процедуры его модификации и использования. Отзывы о работе технических сервисов, использование иных моделей монетизации (подписка т.д.) и развитие информационных технологий (виртуальная и дополненная реальность) постоянно изменяют качество абиотических компонентов. Изменения в социально-экономической сфере требуют постоянного изменения со стороны биотических компонентов. Вследствие этого меняются задачи образовательного процесса, подходы к его организации и оценке, меняется сама экосистема.

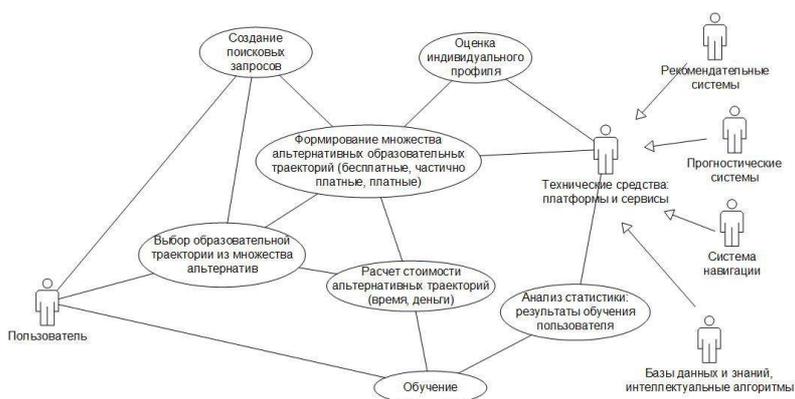


Рис. 4. Процесс персонального выбора альтернативных траекторий

После того, как некоторый этап обучения закончен, необходимо провести оценку результатов обучения, скорректировать индивидуальный профиль пользователя, а также сформировать рекомендации по модификации цифрового пространства и образовательного контента (рисунок 5).

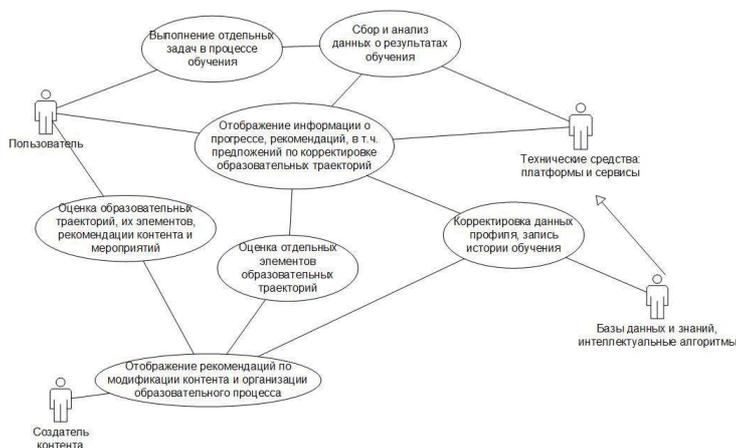


Рис. 5. Процесс контроля и оценки результатов деятельности обучаемых

В качестве заключения можно сделать вывод о том, что в результате эффективного функционирования экосистемы обучения у обучающихся должны сформироваться актуальные «жесткие, мягкие и цифровые» компетенции. Экосистема современного образования должна включать как физическую, так и цифровую составляющие. В ее основе лежат принципы эффективного симбиотического взаимодействия между акторами; баланса между виртуальным и реальным компонентами обучающей среды; возможность гибкой адаптации к изменяющемуся внешнему воздействию. В результате функционирования экосистемы у обучаемых должны формироваться актуальные «жесткие, мягкие и цифровые» компетенции, обеспечивающие непрерывное личностное развитие и способствующие построению успешной карьеры.

Список литературы:

1. Драгунова Е.В., Пустовалова Н.В., Вальдман И.А. Инновационные технологии в дизайне образовательных экосистем= Innovative technologies in designing new learning ecosystems / Е.В Драгунова, Н.В. Пустовалова, И.А. Вальдман // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018): тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г.: в 8 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 8. – С. 62–69. - 45 экз. - ISBN 978-1-5386-7053-8.
2. Драгунова Е.В., Пустовалова Н.В., Вазингер В.А. SMART–образование: Технологии, биотические и абиотические взаимодействия / Е.В Драгунова, Н.В. Пустовалова, В.А. Вазингер // Современные технологии принятия решений в цифровой экономике : сборник трудов Всероссийской научно-

- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С.36-39
3. Забелин М., Система образования или образовательная экосистема? [Электронный ресурс] // Метаверситет: [сайт]. [2018]. URL: <https://medium.com/метаверситет/система-образования-или-образовательная-экосистема-ff70008cd343> (дата обращения 14.04.2019).
 4. Reyna, J. Digital Teaching and Learning Ecosystem (DTLE): A Theoretical Approach for Online Learning Environments. In Proceedings of Ascilite 2011. University of Tasmania, Hobart, Australia, pp. 1083–1088.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ ЗАКУПОК В РФ

*Е.В. Драгунова, к.э.н доцент, Р.Ш. Эрешов студ.
Новосибирский государственный технический университет
630073, г. Новосибирск, пр. К.Маркса 20
E-mail: EVDragunova@ngs.ru*

Аннотация: В статье проведен анализ государственных и муниципальных закупок в РФ, рассмотрены основные этапы проведения закупок, виды и способы осуществления государственных заказов, а также рассмотрены основные проблемы существующей системы. Проведён анализ основных программ и сайтов для поиска закупок.

Abstract: The article analyzes the state and municipal procurement in the Russian Federation, the stages of procurement, the types and methods of public procurement, and discusses the main problems of the system

Ключевые слова: государственные закупки, этапы государственных закупок, способы размещения государственных заказов.

Keyword: government procurement, stages of government procurement, ways of placing government orders

В настоящее время рынок государственных и муниципальных закупок Российской Федерации стремительно растет и занимает значительную часть государственных расходов. Государство закрывает свои потребности в товарах, работах, услугах за счет проведения государственных закупок, а также выполняет ряд важнейших функций таких как: социальная функция, стимулирующая функция, инновационная функция, функция ценового регулирования.

Государственные закупки (сокращенно госзакупки) – закупки (приобретение, покупка) товаров, работ или услуг для государственных или муниципальных нужд. Закупка начинается с процедуры выбора поставщика и заканчивается, когда стороны исполнили все обязательства по контракту [1]. Процедуры размещения государственного заказа (процедуры закупок) служат для определения поставщика и заключения договора на поставку. Основная цель закупочных процедур – обеспечение наиболее качественного, своевременного и эффективного выполнения государственных заказов на поставку необходимых товаров, работ и услуг для нужд бюджетов различных уровней.

С каждым годом объем закупок в РФ увеличивается (таблица 1). Это говорит о том, что государство заинтересованно в проведении закупок для удовлетворения своих потребностей, и есть все предпосылки, что рост будет продолжаться. В свою очередь, для отечественных компаний данный способ тоже имеет преимущества, т.к. это хороший рынок для реализации своих товаров, услуг и работ. Наиболее распространенным способом проведения государственных закупок является электронный аукцион. В 2018 году данным способом проведено 58% государственных закупок, что говорит об удобстве как для государственных так и коммерческих организаций проводить торги в электронном варианте.

Таблица 1

Анализ общей суммы и количества размещенных закупок на единой информационной системе в сфере закупок за 2014-2018 гг.[2]

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018
Общая сумма размещенных закупок, млрд. руб	6552,92	7074,59	6937,96	7507,11	8381,82
Количество размещенных закупок, ед.	2781690	3072329	3085448	3160721	3237125

Система государственных закупок на всех уровнях (федеральный, региональный и муниципальный), на наш взгляд, имеет такие недостатки, как неоднозначность и рассогласованность регламентирующих законодательных актов, интерпретации возможностей использования и распределения средств, отсутствие как таковой полноценной методической базы проведения процесса закупок, изменяющиеся (медленно дорабатываемое) информационное обеспечение и недостаточное материально-техническое обеспечение деятельности государственных и муниципальных заказчиков, склонность системы к увеличению сроков проведения торгов, несоблюдение бюджета и т.д.

Субъекты рынка государственных закупок, не имея возможности четко ориентироваться в законодательстве, теряют интерес к участию в конкурсах на размещение заказов, что снижает уровень конкуренции и ведет к неэффективности закупок [3].

Указанные недостатки создают трудности не только для функционирования самих органов государственной власти и местного самоуправления, но и для развития хозяйственных отношений с частным бизнесом. В настоящее время основными законодательными актами, регулирующими и регламентирующими закупочную деятельность, являются два основных закона федерального уровня – 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» [4-5]. Первый закон регулирует закупки бюджетных компаний, которые полностью принадлежат государству. Второй – закупки компаний, которыми государство владеет на 50% и больше.

Принципиальные отличия проведения закупок по данным законодательным актам сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ основных положений законов 44-ФЗ и 223-ФЗ

	44-ФЗ	223-ФЗ
Основные положения	положения относят ко всем закупкам госзаказчиков и контролирует все этапы сделки. Нарушения правил грозит заказчикам штрафами и отменой уже состоявшихся закупок, предпринимателям – занесением в реестр недобросовестных поставщиков. Это позволяет победителю быть уверенным, что контракт с ним будет заключен, а работа и товары – оплачены.	устанавливает общие принципы закупок для участников. Основное правило: компания обязана лично разработать собственное Положение о закупках. В этом Положении должны быть описаны требования к участникам и способы определения поставщика. Главное с чем нужно ознакомиться при участии в торгах по 223-ФЗ – это положение о закупке конкретного заказчика.
Способы закупок	Существует множество способов отбора победителей: открытые конкурсы, конкурсы с ограничением участия, двухэтапные конкурсы, электронные аукционы, запросы ценовых котировок, запросы предложений, закрытые формы конкурсов, аукционы в закрытой форме, закупки у единственного поставщика	Обязательны всего два вида процедур: конкурс, аукцион. В Положении о закупках заказчик может определить регламент для любых других способов закупок. Заказ у единственного поставщика возможен, но для этого нужно отразить основания таких закупок в положении.
Электронные торговые площадки (ЭТП) для проведения торгов заказчиками	sberbank-ast.ru «Сбербанк-АСТ» rts-terder.ru «РТС-тендер» roseltorg.ru «ЕЭТП» etp.zakazrf.ru «Агентство по заказу РТ» etp-ets.ru «Электронные торговые системы» auction-house.ru «Российский аукционный дом» Заказчик должен выбрать одну из площадок для размещения. Регистрация на ЭТП бесплатна.	Существует более 200 коммерческих ЭТП. Каждый заказчик может выбирать самостоятельно любую из них, ограничений нет. На некоторых ЭТП есть абонентская плата, либо плата за регистрацию на площадке.

Государственный заказ включает в себя мероприятия по планированию, размещению, учету, контролю, анализу заключаемых контрактов, результаты анализа которого представлены в таблице 3.

Таблица 3

Этапы проведения государственных закупок

Этап		Описание
1 Планирование, обоснование и нормирование закупок	Планирование закупок	Планы закупок формируются на 1-3 года Планы-графики формируются на основе утвержденного плана закупок на 1 год
	Обоснование закупки	В обосновании закупки заказчик должен описать цели закупки, общие сведения о заказчике и о закупке, обоснование начальной (максимальной) цены контракта, обоснование способа определения поставщика
	Нормирование	Законодательство устанавливает требования к закупаемым заказчиком товарам, работам, услугам (в том числе предельной цены товаров, услуг, работ) и (или) нормативных затрат на обеспечение функций органов власти
	Общественное обсуждение закупок	На стадии планирования закупки общественность имеет право высказаться о ее целесообразности, обсудить ее условия и стартовую цену
2 Определение поставщика, заключение контракта	Определение поставщика	Законом предусмотрены способы определения поставщика [1]: открытый конкурс (1%), конкурс с ограниченным участием (1%), двухэтапный конкурс (<1%), электронный аукцион (58%), запрос котировок (10%), запрос предложений (<1%), закрытые способы проведения поставщиков (<1%), закупка у единственного поставщика (30%)
	Антидемпинговые меры	При снижении цены контракта на 25% участник процедуры обязан будет предоставить финансовое обеспечение, превышающее начальную цену контракта в полтора раза
	Заключение контракта	Участник должен соответствовать всем законодательным и юридическим требованиям
3 Исполнение контракта		Особенности исполнения госконтракта: Приемка товаров, работ и услуг Оплата заказчиком поставленного товара, работы и услуг Осуществление контроля заказчика Применение мер ответственности Размещение информации в единую информационную систему
4 Мониторинг, аудит и контроль		Контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации и иных нормативных правовых актов о контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных

Формирование единого экономического пространства государственных закупок, необходимость организации действенного и эффективного контроля предполагает выстраивание более централизованной организационной структуры в сфере государственных закупок [2].

В первую очередь речь идет о необходимости создания специализированной организационной структуры на федеральном уровне, предметом деятельности которой должны стать реализация государственной политики в сфере государственных закупок, комплексное управление системой государственных заказов.

В свою очередь, также стоит отметить проблему автоматизации государственных заказов, на данном этапе развития рынка, система участия предприятий в закупке является сложной для частных лиц. Существуют программы и различные сервисы, которые способствуют упрощению участия в закупке, но так как система размещения заказов и отсутствие единого формирования требований заказчиков не развита, проблема автоматизации является актуальной. Сравнительный анализ данных программ и сервисов приведен в таблице 4.

Таблица 4

Сравнительный анализ основных программ и сайтов для поиска закупок

Функции/Сервисы	Контур Закупки	Закупки 360	Seldon	Findtenders
Электронный адрес ресурсов	https://zakupki.kontur.ru	https://zakupki360.ru/?slide=main	http://Seldon.ru	https://findtenders.ru
Стоимость полной подписки в год, руб.	28 700	19 800	Получить подписку возможно при обращении к официальному дилеру	44 900
Аналитика закупок	+	+	+	+
Услуги помощи в сопровождении тендеров	–	+	+	–
Предоставление банковской гарантии	–	–	–	+
Помощь в аккредитации на ЭТА и настройка программ	–	–	+	+
Бесплатный пробный период	4 дня	3 дня	4 дня	3 дня
Расширенный поиск по параметрам	+	+	+	+
Онлайн-чат поддержки пользователя	+	–	–	–
Возможность корпоративного использования сервиса	+	–	–	+
Мобильная платформа	–	–	–	–
Юзабилити сервиса	Современный, удобный	Устаревший	Современный, удобный	Современный, удобный

Из таблицы 4 можно сделать вывод о том, что универсальных программ, отвечающих основным запросам пользователей, на рынке не представлено. Любой сервис (поисковая система) имеет как свои плюсы, так и минусы и каждый участник закупок выбирает именно ту программу, которая в большей степени отвечает его запросам и требованиям. Одним из перспективных направлений автоматизации государственных закупок является создание мобильной платформы, которая бы закрывала ряд потребностей для предпринимателей, что позволило бы осуществлять процедуры по закупкам более оперативно, «не привязываясь» к работе в конкретном офисе.

Список литературы:

1. Что такое госзакупки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pro-goszakaz.ru/article/103029-chto-takoe-goszakupki>– Загл. с экрана. (дата обращения: 10.04.2019)
2. Единая информационная система в сфере закупок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> Загл. с экрана. (дата обращения: 01.04.2019)
3. Черемухин С.А. Государственные закупки: содержание и роль в развитии экономики [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennye-zakupki-soderzhanie-i-rol-v-razviti-ekonomiki> – Загл. с экрана. (дата обращения: 01.04.2019)
4. Федеральный закон "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" от 05.04.2013 N 44-ФЗ (последняя редакция)// КонсультантПлюс. – 2019.
5. О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц: Федеральный закон от 18 июля 2011г. № 223-ФЗ ред. от 13.07.2015 // КонсультантПлюс. – 2019.

СЕКЦИЯ 3: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ТУШЕНИЕ ПОЖАРА В ЦЕХУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА ЦИКЛОГЕКСАНА (БАЗИСНЫЙ СКЛАД) НА ПРЕДПРИЯТИИ КАО «АЗОТ»

*Е.М. Бондарева, студентка группы 3-17Г51, П.В. Родионов, старший преподаватель.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-44-32

Аннотация: Актуальность статьи связана с тушением пожара и привлечения сил и средств пожарно-спасательных подразделений при возникновении пожара на крупном предприятии КАО «АЗОТ» в корпусе базисного склада циклогексана.

Abstract: The relevance of the article is related to extinguishing the fire and attracting forces and means of fire and rescue units in the event of a fire at a large enterprise КАО “AZOT” in the main warehouse of cyclohexane.

Ключевые слова: пожар, тушение, циклогексан, локализация, ранг, пожарный спасатель

Key words: fire: extinguishing, cyclohexane, localization, rank, fire rescuer.

Введение

Химический завод – предприятие, на котором производят химическую продукцию с помощью химического метода переработки углеводородного, минерального и другого сырья.

Циклогексан (C_6H_{12}) – бесцветная жидкость, ядовитая, легко воспламеняющаяся, легче воды, не растворима в воде, пары тяжелее воздуха, температура кипения $80,74^{\circ}C$. В производстве циклогексан является сырьем для получения капролактама, также используется в производстве как растворитель. Перевозиться в жидком состоянии.

Цех базисного склада циклогексана является технологической стадией в производстве капролактама.

Основные причины возникновения пожара:

- несоблюдение норм пожарной безопасности;
- повреждение электрического оборудования или проводки;
- разгерметизация установки в трубопроводе;
- последствия взрыва, если произошла утечка взрывоопасных веществ;
- неправильное обращение с открытым огнем;
- проведение сварочных аварийных огневых работ;

Организация тушения пожара – это оперативно-тактические мероприятия, направленных на спасение людей и имущества и проведения аварийно-спасательных работ, способность в короткое время оценить обстановку, спрогнозировать возможные действия развития пожара и правильное управление силами и средствами на пожаре.

Основная часть

Для успешного выполнения тушения пожара и достижения его полной ликвидации является недопущения его распространения. Для этого необходимо в кратчайшее время перекрыть подачу циклогексана или уменьшить его количество в емкостях путем слива, при этом не допустить розлив циклогексана вокруг установки по окислению.

При возникновении пожара в корпусе базисного склада циклогексана автоматически выслаются подразделения пожарной охраны по повышенному номеру ранга № 2. Тушение пожара осуществляется пеной, для обеспечения достаточного количества пенообразователя на пожаре, в случае его недостаточного количества. Проводится организация подвоза пенообразователя на АЦ находящихся в резерве со склада пенообразователя ПСЧ-19. Учитывая специфику водоснабжения объекта при пожаре могут возникнуть осложнения по тушению пожара, поэтому РТП при поступлении первого сообщения о пожаре необходимо повысить давление в водопроводной сети через диспетчера завода, а также привлечь к месту вызова ПНС-110 и АР-2 для забора воды из градирен и прокладки магистральных линий к месту пожара. Тушение пожара должно проводиться в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и с применением теплоотражательных костюмов.

Также в корпусе имеется азот для целей пожаротушения, он подается по 4-м вводам с южной стороны в коридор управления. Трубопроводы и задвижки пожарного азота находятся с внешней стороны корпуса. Для оперативной подачи пены в очаг пожара в корпусе смонтирована спринклерная система пенотушения, представляющая собой сеть трубопроводов расположенных таким образом, что любой участок поверхности производственного помещения при пожаре будет покрыт пеной. Вся система пенного тушения находится под постоянным давлением 4-6 атм. Подача пены осуществ-

вляется автоматически из корпуса 960 (станция пожаротушения). Корпус оборудован приточно-вытяжной вентиляцией. Кнопки отключения вентилялей находятся на ЦПУ и в венткамере. При нештатной ситуации (пожаре) одновременно с включением установки пенотушения происходит отключение системы вентиляции.

В пути следования старшее должностное лицо по району выезда ПСЧ-19 через диспетчера радиотелефониста ПСЧ выясняет:

- характеристику корпуса и горящего вещества;
- информацию о наличии в корпусе людей и их возможное нахождение;
- порядок вызова к месту необходимого количества специальной пожарной техники.

РТП при пожаре через диспетчера завода службы жизнеобеспечения привлекает необходимые службы, а именно:

- медицинскую службу;
- службу охраны завода;
- газоспасателей завода;
- ВОХР;
- руководителей завода;
- при необходимости к месту пожара могут привлечь по согласованию с руководством завода необходимое количество автотранспорта.

Организуется отцепление опасной зоны с выставлением постовых и к месту ЧС не допускаются посторонние лица. При тушении пожара необходимо держаться с неветряной стороны, избегать низких мест. Тушение пожара производится воздушно-механической пенной, и устанавливается водяная завеса тонкораспыленной водой, работы производятся с использованием индивидуальных средств защиты: изолирующие дыхательные аппараты, костюмы Л-1, резиновые сапоги резиновые перчатки, фильтрующий противогаз А, М.БФК.

Руководитель тушения пожара (РТП-1) должен связаться с руководством объекта. Через него выяснить о наличии людей, их местонахождение, угрозу жизни. Организовать проверку рабочих и служащих в соответствии списков штатного расписания. В случае необходимости принять все необходимые меры по их немедленной эвакуации. Далее проводит разведку, в ходе которой устанавливает степень угрозы распространения пожара, есть ли угроза людям, находящимся под воздействием фактора пожара, их количество и необходимые меры по эвакуации людей, определяет место возникновения пожара и способы его тушения, определяет ранг пожара, количество специальной техники для тушения пожара, принимает необходимые меры по отключению электроэнергии, через диспетчера завода повышает давление в водонапорной сети. Всю информацию передаёт диспетчеру- радиотелефонисту на ПСЧ.

По прибытию на пожар пожарно-спасательные подразделения устанавливают пожарные автомобили на пожарные гидранты с прокладкой магистральной линии и подают стволы РС-70 и лафетный ствол (ПЛС-20) на охлаждение горячей и соседней емкости, ПНС-110 производит забор воды с градирни, а АР-2 прокладывает магистральную линию. Проводят спасательные работы и разведку пожара. Необходимо организовать устойчивую работу водяных стволов для проведения охлаждения емкостей. При работе ствольщиков необходимо использовать теплоотражательные костюмы (ТК) и средства защиты органов дыхания (СИЗОД).

Подготовка к проведению пенной атаки проводят в минимальные сроки, так как повышается опасность распространения пожара. Для проведения пенной атаки необходимо:

- сосредоточить нужное количество пенообразующего вещества;
- на боевых участках назначить ответственных из начальствующего состава по обеспечению работы пенной атакой.

После принятия доклада о выполнении работ по подготовке пенной атаки, охлаждению резервуаров, РТП определяет сигналы для проведения пенной атаки и отход с позиции в случае угрозы для жизни. После личного осмотра при обходе пожара для личного состава дает указание на подачу сигнала «пену дать». При угрозе взрыва, обрушения, опасности для личного состава подается сигнал «555 (три пятерки)».

Пенную атаку начинают одновременно и непрерывно до полного прекращения горения, при этом учитывают интенсивность подачи пены для успешной ликвидации горения.

После прекращения горения подачу пены необходимо продолжить как минимум 5 минут для предотвращения повторного воспламенения.

Заключение

Для того чтобы успешно ликвидировать пожар необходимо действовать быстро, четко, хладнокровно. Так же необходимо по прибытии организовывать правильное тушение пожара, для этого необходимо правильно оценить обстановку, организовать действия прибывших отделений, организовать бесперебойную доставку пенообразующих веществ, выбрать правильные способы по тушению пожара и не допустить его распространения.

Обеспечение условий для успешного тушения пожара необходимое условие для спасения пострадавших и уменьшения ущерба предприятия.

Список литературы:

1. «Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ» (направлен указани- ем МЧС России от 26.05.2010 № 43-2007-18).
2. Методические рекомендации по организации и ведению боевых действий подразделениями пожар- ной охраны при тушении пожаров на объекте с наличием АХОВ. от 08.12.2003г. утвержден- ные заместителем министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычай- ным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Е.А. Серебряниковым
3. Приказ Минтруда РФ от № 23.12.2014 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подраз- делениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».
4. Приказ МЧС РФ от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно- спасательных работ».
5. Учебное пособие «пожарная тактика» Я.С. Повзик, Москва, 2004г.
6. Федеральный закон от 21.12.1994г. №69-ФЗ « О пожарной безопасности»

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОЖАРАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОДЖОГА НА ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Т.А. Утробина, к.т.н., ст. препод., Е.А. Попова, к.т.н., доц., А.К. Грушевская, студент 5 курса
Кемеровский государственный университет
650056, г. Кемерово б-р Строителей 47, тел. (3842)-39-68-46
E-mail: tamara-mamontova@yandex.ru*

Аннотация: Рассмотрены динамика и причины пожаров в результате поджога в Кемеровской области в период 2013-2017 годов

Abstract: The dynamics and causes of fires as a result of arson in the Kemerovo region in the period 2013-2017

Ключевые слова: пожар, поджог, материальный ущерб, травматизм

Keyword: fire, arson, material damage, injury

Возникновение большинства пожаров происходит как результат неосторожных действий, невнимательности ответственных лиц. Пожары возникают и под воздействием природных сил, таких как молния, солнечные лучи и др. Существуют пожары, которые возникают в результате поджога с целью намеренного уничтожения любого имущества, создания угрозы для жизни человека или для за- метания следов преступлений.

Поджог занимает среди пожаров незначительное место и совершается обычно на почве мести, для сокрытия иного преступления, по мотивам политических убеждений либо из хулиганских побу- ждений, с целью получения страховых выплат или других экономических мотивов.

Поджоги подразделяются на несколько видов:

- поджоги, совершаемые без специальной подготовки;
- поджоги, совершаемые с использованием горючих веществ, принесенных с собой для гаранти- рованного воспламенения имущества;
- поджоги, совершаемые с использованием технических средств или заранее подготовленных за- жигательных устройств (в их числе взрывных), гарантирующие определенное время воспламе- нения и обеспечивающие надежность при осуществлении преступных действий;

- поджоги, совершаемые путем создания условий для возникновения пожара, симитированного случайностью: неумышленным нарушением мер пожарной безопасности или неосторожным обращением с огнем;
- совокупность нескольких указанных случаев [1].

В таблице 1 приведены сведения по Кемеровской области за 5 лет о количестве пожаров из-за поджогов, травмированных людях при них и величине материального ущерба в результате произошедших пожаров [2].

Таблица 1

Динамика пожаров, человеческого травматизма и материального ущерба на пожарах, образовавшихся в результате поджога на территории Кемеровской области

Показатель	Период времени, год				
	2013	2014	2015	2016	2017
Количество пожаров, ед.	240	260	278	250	143
Травмировано людей при пожарах, чел.	2	3	2	2	2
Материальный ущерб от пожаров, млн. руб.	22,9	44,7	50,6	37,5	23,2

Из данных таблицы следует, что количество пожаров, образовавшихся в результате поджога на территории Кемеровской области, после пика 2015 года пошло на спад с 278 до 143 единиц (2017 год). Максимальный материальный ущерб в 2015 году с 50,6 млн. руб. сократился до 23,2 млн. руб. (2017 год), в тоже время количество травмированных людей осталось на одном уровне.

В таблице 2 представлены объекты возникновения пожара в результате поджога [2]. Согласно таблице 2 наиболее «популярным» объектом для поджога на территории Кемеровской области на протяжении анализируемого периода является легковой автомобиль. Второе место по регулярности поджогов занимают многоквартирные жилые дома, а третье - дачи и садовые дома. Объекты с наименьшим количеством поджогов являются вагончики для жилья, дома мобильного типа, палатки, поджогов на таких объектах зафиксировано всего один случай за весь исследуемый период.

Таблица 2

Динамика количества пожаров на различных объектах в результате поджога на территории Кемеровской области

Объект возникновения пожара в результате поджога	Период времени, год				
	2013	2014	2015	2016	2017
Садовый дом, дача и др.	24	23	10	14	14
Вагончик для жилья, дом мобильного типа, палатка и др. строение	0	0	1	0	0
Надворная постройка	15	15	15	16	6
Прочее здание жилого назначения, надворная постройка	0	2	2	0	0
Одноквартирный жилой дом	50	40	55	53	34
Многokвартирный жилой дом	8	14	9	12	9
Гараж, тент-укрытие и т.д.	3	9	3	5	4
Баня, сауна на территории домовладения	4	6	3	9	4
Грузовой автомобиль	2	1	9	8	8
Легковой автомобиль	111	120	132	96	55

Тенденции, которые просматривались в таблице 1, могут быть отнесены и к таблице 2. Если количество поджогов с 2013 по 2015 год серьезно увеличивалось и, например, для легковых автомобилей возросло со 111 случаев до 132, то в последующие годы происходит резкий спад. В 2017 году количество поджогов легковых автомобилей составляло – 55 случаев, что почти в 2,5 раза меньше, чем в 2015 году. Следует отметить, что есть ряд объектов, на которых количество поджогов осталось на одном и том же

уровне - это поджоги бань, саун на территории домовладений, гаражей и тент-укрытий. Их количество в от общего количества поджогов не является существенным. По данным таблицы 2 видно, что количество поджогов на грузовых автомобилях за анализируемый период изменялось с 1 до 9 случаев.

Из практики уголовных дел известно, что основная часть поджогов совершается преступниками в ночное время суток из-за хулиганских побуждений или из-за чувства мести к владельцам автотранспорта и хозяйственных построек. В 90% случаев пожаров в результате поджога виновные лица так и не были установлены [1, 2].

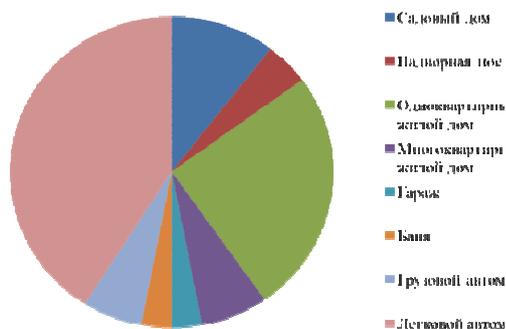


Рис. 1. Структура пожаров в результате поджога за 2017 год на территории Кемеровской области по объектам

Согласно статистике за 2017 пожаров на диаграмме (рис. 1) большая часть поджогов происходит легковых автомобилей – около 45% от общего числа произошедших пожаров, на втором месте поджоги многоквартирных жилых домов – около 25% от общего числа пожаров, наименьшее же количество поджогов приходится на раздел бань [2, 3].

Анализируя данные по пожарам, возникшим в результате поджогов на территории Кемеровской области, следует, что имеется устойчивая тенденция к уменьшению количества пожаров, к уменьшению возникшего материального ущерба во время этих пожаров, в тоже время количество пострадавших в течение дол-

гого времени остается практически неизменным. Если же рассматривать пожары от поджогов на конкретных видах объектов, то следует, что около 70 % пожаров от общего числа приходится на легковые автомобили и многоквартирные жилые дома.

Список литературы

7. Кроль, А.Н. Развитие пожарной охраны в России и Кузбассе / А.Н. Кроль, Я.О. Ефремова // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции (27 апреля 2016 г.) / под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2016. – С. 667–669.
8. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. - М.: ВНИИПО, 2018. – 124 с.: ил. 40.
9. Утробина, Т.А. Статистический анализ пожаров на территории г. Кемерово / Т.А. Утробина // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (14-16 мая 2018 г.) / под общ. ред. А. Ю. Просекова; ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – Кемерово, 2018. – т. 2. – С. 395–396.
10. Students, Postgraduates, and Young Scientists (May 14–16, 2018) / ed. A. Yu. Prosekov; «Kemerovo State University». - Kemerovo, 2018. – V. 2. - P. 395–396.

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ТРАВМАТИЗМ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.Р. Ранде студ., Ю.В. Бородин к.т.н., доц, К.В. Сыолов студ.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: vrr2@tpu.ru

Аннотация: Статья позволяет понять важность разработки системы управления охраной труда на предприятиях нефтегазодобывающей промышленности. Проведенный анализ показывает какое влияние оказывает эффективная система на уровень травматизма.

Abstract: The paper makes it possible to understand the importance of the development of occupational safety management system at the enterprises of oil and gas industry. The analysis shows the impact of an effective system on the level of injury.

Ключевые слова: система управления охраной труда; производственный травматизм; несчастный случай; опасные производственные факторы; нефтегазодобывающая промышленность.

Key words: occupational health and safety management system; occupational injuries; accident; occupational hazards; oil and gas industry.

Нефтегазодобывающие предприятия являются высокорисковыми производствами. Нефтегазовая отрасль – это обобщенное название комплекса промышленных предприятий по добыче, транспортировке, переработке и распределению конечных продуктов переработки нефти и газа. Совокупность физических, химических факторов, физическая и психологическая напряженность труда, работа в суровых климатических условиях негативно отражаются на состоянии здоровья работников отрасли. Пары нефти и попутный газ могут вызвать отравление организма, контакт с нефтью приводит к поражению кожи. У работников этой отрасли наблюдаются частый производственный травматизм и высокий уровень заболеваемости. Учитывая потенциальную промышленную и экологическую опасность технологических процессов бурения скважин, добычи нефти и газа существует высокая вероятность возникновения аварийных ситуаций, а в результате этого прослеживается высокий уровень травматизма [1].

Предотвращение несчастных случаев, сохранение жизни работников является одной из главных задач руководства предприятия. Трудовое законодательство требует от работодателя обеспечить работникам безопасные условия труда.

Данная тема актуальна, ведь самое важное для человека это жизнь и его здоровье.

Основная цель данного исследования – как влияет введение эффективной системы управления охраной труда на численность травматизма.

Для достижения на опасных производствах безаварийных режимов работы и снижения травматизма необходимо внедрять системы, способствующие достижению такого состояния.

Система управления охраной труда – это единый комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели в области охраны труда у конкретного работодателя и процедуры по достижению этих целей [2].

Система управления охраной труда является частью общей системы управления (менеджмента) организации. Положительное воздействие внедрения систем управления охраной труда на уровне организации, выражающееся как в снижении воздействия опасных и вредных производственных факторов, и рисков, так и в повышении производительности труда [3].

Организирующим звеном при внедрении и функционировании системы управления охраной труда является служба охраны труда или специалист по охране труда. Успешная деятельность системы управления охраной труда в первую очередь зависит от профессионализма руководителей и специалистов в области охраны труда [3].

При внедрении системы управления охраной труда необходимо учитывать, что на разработку и внедрение системы оказывают влияние область деятельности организации, ее конкретные задачи, выпускаемая продукция и оказываемые услуги, а также используемые технологические процессы, оборудование, средства индивидуальной и коллективной защиты работников, а также практический опыт деятельности в области охраны труда [4]. Система управления охраной труда у каждого предприятия своя и отражает специфику организации.

Исследования, проводившиеся на датском предприятии, показали, что внедрение системы управления охраной труда и системы отчетности об инцидентах и авариях привели к снижению производственного травматизма и аварийности [5].

Исследования, проводимые в Иране, показывают, что на 65% предприятиях существует система управления охраной труда. Встает вопрос на сколько эффективно работает вышеупомянутая система. Оценку эффективности проводили иранские ученые методом сравнения конкретных критериев и показателей, связанных с практическим применением системы управления охраной труда в трех компаниях в которых существует система управления охраной труда и трех компаний в которых данная система отсутствует. Полученные данные показали, что уровень травматизма и аварийности в компаниях, в которых введена система управления охраной труда значительно ниже, чем у не компаний в которых такую систему еще не внедрили. Ученые сделали вывод, что система управления охраной труда играет важную стратегическую роль в охране здоровья и безопасности на рабочем месте [6].

Однако наличие системы управления охраной труда, не гарантирует 100% тенденции снижения уровня травматизма на предприятии. Система управления охраной труда должна быть достаточно развитой и адаптирована под конкретное предприятие. Так, исследования на предприятиях Южной Индии, показали, что данная система не приводит к снижению травматизма, поэтому необходимо проводить мероприятия по ее совершенствованию [7].

Систему управления охраной труда необходимо разрабатывать на каждом производстве, особенно если речь идет об опасном производстве, таком как нефтегазодобывающая промышленность. После внедрения системы нужно проводить мониторинг работы данной системы и анализировать результаты к которым привело функционирование системы. После проведения такого анализа, можно понять, что нужно доработать, изменить для эффективного функционирования системы. Эффективная система управления охраной труда приведет к снижению уровня травматизма и к безаварийной работе предприятия. В свою очередь это приведет и к снижению профессиональных рисков для работников.

Наличие развитой (эффективной) системы управления охраной труда на предприятии на прямую влияет на уровень травматизма.

Список литературы

1. Тимофеева С.С. Методы и технологии оценки аварийных рисков: Практикум. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015г
2. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197 – ФЗ.
3. Криворука И.С. Особенности организации документооборота по охране труда на предприятии/ Криворука И.С., Бажин А.С.//Журнал «Студент. Аспирант. Исследователь», 2016г.
4. Кухарь Е.Б. К вопросу об внедрении системы управления охраной труда в организации/ Журнал «Молодежь и наука», 2018г.
5. The prevention of occupational injuries in two industrial plants using an incident reporting scheme/Journal of Safety Research, 2015г.
6. Evaluation of the Quality of Occupational Health and Safety Management Systems Based on Key Performance Indicators in Certified Organizations/ Journal Occupational safety and health, 2016г.
7. Occupational Health and Safety Management in Manufacturing Industries/ Journal of Scientific Industrial Research, 2014г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦЕПТУР СОСТАВА RDF – ТОРФ – ОПИЛКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИННОВАЦИОННОГО УДОБРЕНИЯ

К.В. Епифанцев к.т.н., доц,

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт-Петербург ул. Большая Морская 67, тел 8(963)343-7759
E-mail: epifancew@gmail.com*

Аннотация: В статье исследованы методы утилизации отходов. Основные выбранные методы - разработка удобрений для почв и создание инновационного строительного материала. В настоящее время, по данным Жилищного комитета Администрации Санкт-Петербурга, ежегодно на полигонах утилизируется 6,5 - 9 миллионов кубометров в год. Из этого объема только 1,5 млн. кубометров (17-23%) направлено на переработку на двух полигонах («Новоселки» и ОАО «Пилотный завод МПБО-2 Янино»), хвостохранилища проекта по приблизительной оценке имеют 50 000 тонн. В статье обсуждается возможность использования аэробного компостирования отходов в качестве удобрения. Применяемые методы исследования предполагают, что отходы RDF коммерциализируются и могут стать отдельным инновационным продуктом.

Ключевые слова: МПБО-2 Янино, автоматизация производства, удобрение для почв, измерение Ph, измерение всходов, трава «Шедоу»

Abstract: the article investigates the methods of waste disposal. The main selected methods are the development of fertilizers for soils and the creation of innovative construction material. Currently, according to the Housing Committee of the Administration of St. Petersburg, 6.5-9 million cubic meters per year are disposed of at landfills annually. Of this volume, only 1.5 million cubic meters (17-23%) were sent for processing at two landfills (Novoselki and JSC "Pilot plant MPBO-2 Yanino"), the tailings of the project are estimated to have 50,000 tons. The article discusses the possibility of using the aerobic composting of the waste as fertilizer. Applied methods of studies suggest that waste RDF commercialized and can be a single innovative product.

Keywords: Yanino MPBO-2, automation of production, fertilizer for soils, Ph measurement, measurement of shoots, grass " shadow»

Клмпост RDF - это сырье, полученное из отходов путем пережигания органических отходов, свозимых компаниями из жилых районов. В состав RDF входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и органика. Чтобы оценить

возможность использования RDF-сырья в качестве удобрения, был проведен эксперимент по изменению pH кислотности и оценке всхожести побегов травы «Шедоу», которые добавляли в количестве 7 г в каждый контейнер (Таблица 1). Полученную смесь прорастают в течение 10 дней

Таблица 1

Состав рецептур

№ рецептуры	RDF, гр	торфогрунт, гр	опилки, гр	H ₂ O, гр	Общий вес, гр
1	53.09	87.7	20	35	195.79
2	30	113	17	35	195
3	75.79	75	10	35	195.79
4	44	102.75	14	35	195.75
5	65	71	24.75	35	195.75
6	80	71.75	9	35	195.75



Рис. 1. Взвешивание образцов перед замешиванием RDF (а), торфогрунт (б), опилки (г)



Рис. 2. Измерение уровня Ph в контейнерах с замешанным сырьем и посаженной травой

По согласованию с администрацией МПБО-2 «Янино №2» в лице главного инженера, где было взято RDF-сырье для экспериментов, было установлено, что его запасы в хвостах составляют 50 000 тонн [9]. В работе, которую компания делала с некоторыми попытками компаний принять участие в утилизации компоста (RDF) через использование его в качестве удобрения, были, жалобы

на отсутствие конкретных рекомендаций по дозировке 1 кг отходов на 1 м² почвы для клумбы и плодовых растений. Во многих случаях использование компоста службами озеленения города без предварительного смешивания компоста с опилками или другими нейтрализующими присадками приводило к замедленному росту растений, причем с неприятным запахом. В нашем исследовании были проведены комплексные измерения на протяжении 14 дней, за которые посаженная трава смогла прорасти. Через 15 дней для измерения этих показателей в каждом из 6 контейнеров использовались анализатор pH и измеритель влажности, а также линейные измерения прорастающих всходов - Рисунок 3. Результаты были размещены в таблице 2



а



б

Рис. 3. (б) высота прорастания, (а) площадь всходов – отмечено яркими контурами, см²

Таблица 2

Исследование рецептов

№ рецептуры	Влажность RDF, %	pH RDF	Влажность опилок, %	pH опилок	Влажность торфогрунта, %	pH торфогрунта	Влажность конечного удобрения, %	pH удобрения	S всходов, см ²	Высота всходов, см
1	98	6	10	8	25	7	5.5	7.8	10	8
2	98	6	10	8	25	7	3.5	8	30,04	11
3	98	6	10	8	25	7	7	7.5	13,53	7
4	98	6	10	8	25	7	5.5	7.5	7,7	12
5	98	6	10	8	25	7	4	7.5	5,25	13
6	98	6	10	8	25	7	3	7.2	3,14	8

Таким образом, площадь схождения травы «Шедоу» оптимально составляла 2 и 3 рецептуры, оптимальная влажность и pH - 5 рецептур, высота побегов - 2, 4 и 5 рецептуры. Таблица переведена для удобства в график

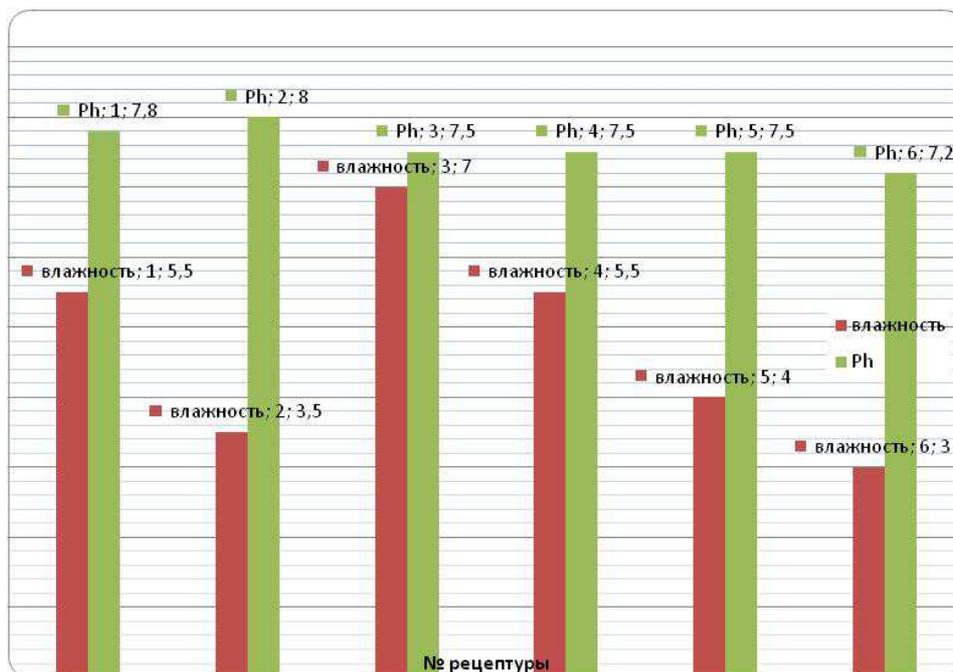


Рис. 4. Зависимость влажности и Ph от рецептуры

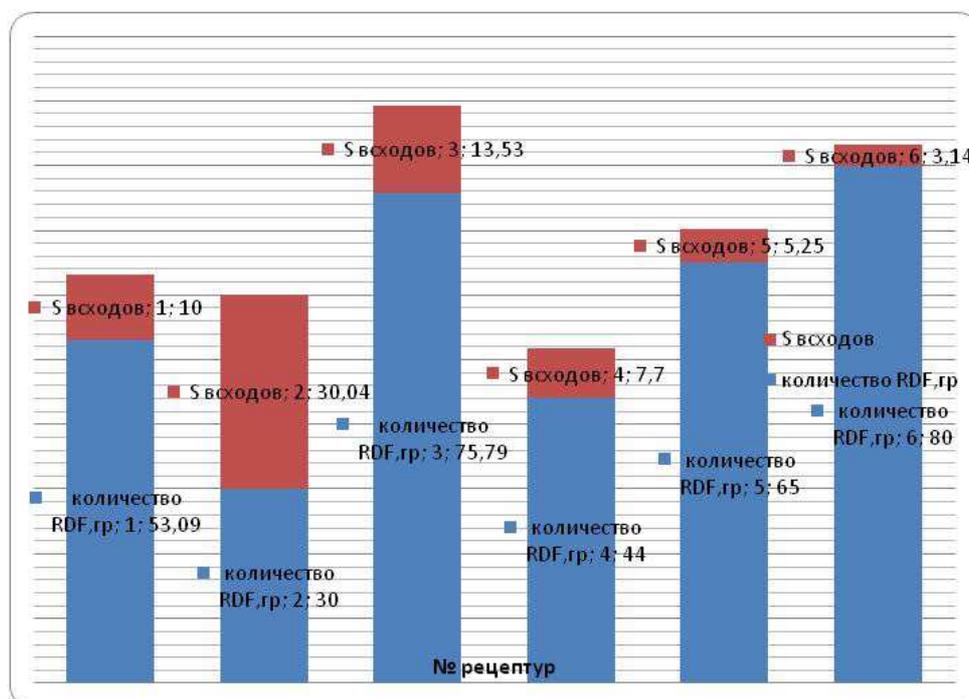


Рис. 5. Зависимость Площади всходов от количества добавленного RDF сырья

По большинству параметров не применима для сельского хозяйства (декоративные растения) 2 рецептура. Корневой эффект заключается в выбранном соотношении влажности и рН от 3,5 до 8. На плодотворность влияет кислотность. При «рН», равном семи, реакция раствора является нейтральной (количество ионов Н + и ОН одинаково).

Список литературы:

1. Nikulin AN and S V Kovshov and K V Epifancev and G I Korshunov. 2014 «The research of possibility to use the machine for biofuel production as a mobile device for poultry farm waste recycling» *Life Science Journal* vol 11(4) pp 464-467
2. Epifancev, K. Modeling of peat mass process formation based on 3D analysis of the screw machine by the code YADE / K. Epifancev, A. Nikulin, S. Kovshov, S. Mozer, I. Brigadnov // *American journal of mechanical engineering*. 1(3). 2013. Pp. 73-75.
3. Подлипский И. И., Куриленко В. В. Исследование химического состава БО для моделирования активной продукции жидких и газообразных веществ разложения / Тезисы конференции «Месторождения природного и техногенного минерального сырья: геология, экологическая геология, менеджмент». Воронеж 12–16 ноября 2007 г.
4. Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом МПР России от 02.12.2002 № 786, зарегистрированный Минюстом России 09.01.2003 № 4107. 6. Грунтоведение / Под ред. В. Т. Трофимова. М., 2005.
5. Систер В. Г., Мирный А. Н. Современные технологии обезвреживания и утилизации ТБО. М., 2003. 10. Дарулис П. В. Отходы областного города. Сбор и утилизация. Смоленск, 2000

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ

*М.В. Графкина, д.т.н., зав. каф., Е.Ю. Свиридова, к.т.н., доц., А.В. Питрюк, к.б.н., доц.
Московский политехнический университет
107023, г. Москва, ул. Б.Семёновская, д. 38, тел. +7 (495) 276-32-57, доб.16-10
E-mail: esotami@mail.ru*

Аннотация: Работа посвящена анализу имплицативного (по принципу «Что будет если?») взаимодействия всех решений по организации и реализации технологических процессов и обеспечению их материальными и энергетическими ресурсами, машинами, агрегатами, оборудованием, технологической оснасткой, технологическими составами и материалами на различных этапах жизненного цикла с откликом в окружающей среде, который позволяет выявить и сформулировать рекомендации по повышению экологической безопасности технологических процессов в жизненном цикле.

Abstract: The article is devoted to the analysis of the implicative (according to the “What- If?” principle) interaction of all decisions on the organization and implementation of technological processes and providing them with material and energy resources, machines, units, equipment, technological equipment, technological structures and materials at various stages of the life cycle response in the environment, which allows you to identify and formulate recommendations for improving the environmental safety of technological processes in the life cycle.

Ключевые слова: экологическая безопасность, жизненный цикл, методы оценки экологической безопасности, прогрессивные технологии, управление безопасностью.

Keyword: environmental safety, life cycle, environmental safety assessment methods, advanced technologies, safety management

Развитие прогрессивных технологий является ответом на потребности рынка в высокоэффективном производстве, постоянном обновлении продукции и на требования по защите окружающей среды и снижению экологической напряженности. Разрабатываемые технологии должны соответствовать как техническим, так экономическим и экологическим требованиям, поэтому задача выбора оптимального варианта будет всегда многокритериальной. В последнее время экологические требования на этапе разработки технических систем приобретают все большее значение.

Однако в настоящее время не все возможности по минимизации техногенного воздействия на окружающую среду технологических процессов в жизненном цикле используются эффективно. Для анализа экологической безопасности технологических процессов можно рассматривать различные этапы жизненного цикла, в данной работе остановимся на следующих:

- замысел проекта;
- этап НИОКР;
- внедрение процесса и обеспечение его всеми необходимыми ресурсами;
- непосредственное функционирование техпроцесса (основные и вспомогательные операции);
- ремонтные и наладочные процессы;

- модификация технологических процессов;
- рециклирование, утилизация или уничтожение.

Обобщение существующих наработок [1,2,3] по повышению экологической безопасности технических систем позволяет сформулировать основные направления по снижению негативного воздействия на окружающую среду, которые применимы на всех стадиях жизненного цикла технологического процесса, относят:

- сокращение потребления сырьевых, материальных и энергетических ресурсов на всех этапах жизненного цикла (в том числе промежуточных технологических потерь, потерь при складировании и транспортировке и т.п.);
- сокращение использования чрезвычайно опасных и высокоопасных веществ и материалов (в том числе и с учетом отдаленных перспектив по ограничению на использование некоторых веществ и материалов);
- совершенствование основных и вспомогательных технологических операций с целью исключения или сокращения источников образования загрязняющих веществ, отходов и других негативных факторов воздействия на окружающую среду;
- рециклирование (регенерация технологических составов, обратное и повторное использование, рекуперация) сырья, материалов, реагентов, воды, энергии;
- подготовка к деятельности по ликвидации экологических последствий в условиях аварийного воздействия на окружающую среду;
- экологическое обучение и информирование персонала организации по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду и т.д.

Анализ экологической безопасности и оценка альтернативных вариантов должны проводиться с использованием метода «Что будет если...?» («What-If»), применяемого как для оценки надежности технических систем, так и для оценки экологических рисков. Использование метода подразумевает оценку и анализ имплицативных отношений технических и экологических показателей технологического процесса и позволяет спрогнозировать негативный отклик в окружающей среде при изменении каких-либо параметров процесса. Такой подход позволит управлять показателями экологической безопасности процессов и снизить напряженность ряда экологических проблем еще до их возникновения. Этот метод применяется чаще всего для оценки качественных изменений, но он дает и представление об отклонениях показателей конкретных физических величин и может служить основой для детерминированных методов оценки, и позволяет выработать корректирующие воздействия не только с позиций совершенствования функционирования системы, но и экологической безопасности.

На этапе внедрения процесса и обеспечение его всеми необходимыми ресурсами качественная и количественная оценка экологической безопасности технологического оборудования при выборе альтернативных вариантов может быть проведена на основе следующих критериев:

- показатели массы и объема оборудования;
- показатели числа конструкционных материалов в процессах и оборудовании;
- энергетический КПД;
- надежность и срок службы оборудования;
- применение экологической маркировки материалов и продукции;
- объемы расходных материалов при эксплуатации, ремонте и обслуживании процесса и оборудования;
- возможность использования рециклированных материалов;
- возможность регенерации, рециклинга, рекуперации материальных и энергетических ресурсов.

Эти показатели прежде всего обеспечивают сбережение материальных и энергетических ресурсов, а также повышение эффективности их повторного использования.

Авторами предлагается ряд критериев для оценки экологической безопасности машин и агрегатов, применяемых в технологическом процессе, выбор и решения по которым применяются на более ранних стадиях, а экологические последствия проявляются на стадии утилизации и уничтожения, отслужившего свой срок эксплуатации оборудования, машин, оснастки (таблица 1).

В качестве критериев предлагаются:

1. Коэффициент повторяемости марок материалов в конструкции:
- 2.

$$K_{nm} = \frac{1}{M_m},$$

где M_m - количество марок материалов, применяемых в изделии. Снижение числа материалов в конструкции позволит повысить эффективность сортировки и последующей переработки (рециклинга) материалов.

3. Коэффициент разборки узлов изделия:

$$K_{pc} = \frac{N_{pc}}{N_{об}}$$

где N_{pc} - количество разъемных узлов,

$N_{об}$ - общее количество узлов в изделии.

Повышение этого коэффициента делает конструкцию более экологичной, так как неразъемные соединения практически исключают разборку и восстановление узлов.

4. Коэффициент унификации конструкции:

$$K_y = \frac{E_y}{E}$$

где E_y - количество унифицированных сборочных узлов в конструкции;

E - общее количество сборочных узлов в конструкции.

5. Возможность рециклирования материалов и узлов также будет зависеть от экономического показателя трудоемкости этого процесса – T , который определяется как:

$$T = \sum T_i$$

где T_i – трудоемкость разборки, восстановления, контроля по качеству и испытаний i – составляющей части машин, в часах.

Таблица 1

Критерии для оценки экологической безопасности машин и агрегатов

Наименование критерия	Обозначение	Формула для расчета
Коэффициент повторяемости марок материалов	K_M	$K_{mk} = \frac{1}{M_m}$
Коэффициент разборки узлов	K_{pc}	$K_{pc} = \frac{N_{pc}}{N_{об}}$
Коэффициент унификации конструкции	K_y	$K_y = \frac{E_y}{E}$
Трудоемкость процесса разборки, в часах	T	$T = \sum T_i$

Таким образом, при выборе альтернативных вариантов машин, агрегатов, технологической оснастки необходимо оценивать не только их технические характеристики, но и экологические показатели в жизненном цикле. Для получения необходимой экологической информации целесообразно наладить взаимодействие с поставщиками необходимой продукции.

Особое внимание следует уделять оценке экологической безопасности применяемых материалов. В геоэкологическом и геополитическом масштабах уже наметился определенный дисбаланс между спросом и предложением материалов, особенно металлов. В работе [1] охарактеризована критичность 62 металлов и металлоидов в трехмерном «пространстве критичности», состоящем из риска поставок, последствий для окружающей среды и уязвимости для ограничения поставок. Факторы, способствующие возникновению экстремальных ситуаций, включают высокую геополитическую концентрацию первичного производства, отсутствие доступных подходящих заменителей и политическую нестабильность. Зависимость доступности сопутствующего металла от производства основных металлов вводит новый аспект риска поставок для современных технологий [2]. В этих работах экологическая безопасность материалов оценивается в основном с помощью экспертных бальных методов.

Существуют и методы количественной оценки экологической безопасности материалов [4-6]. Наиболее часто приводятся сведения по загрязнению атмосферы при производстве и рециклировании конструкционных материалов, что оправдано с позиции оценки общих масштабов загрязнения

биосферы, в том числе и атмосферы, так как на ее долю приходится более 80% антропогенных загрязнений. Обобщение этих данных позволяет оценить выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве и рециклировании различных материалов. В качестве примера, на рисунке 1 приведены результаты сделанных обобщений по негативному воздействию на атмосферу некоторых веществ, выделяемых при производстве меди. Оценивалось удельное количество выбросов в граммах на один килограмм произведенного материала.

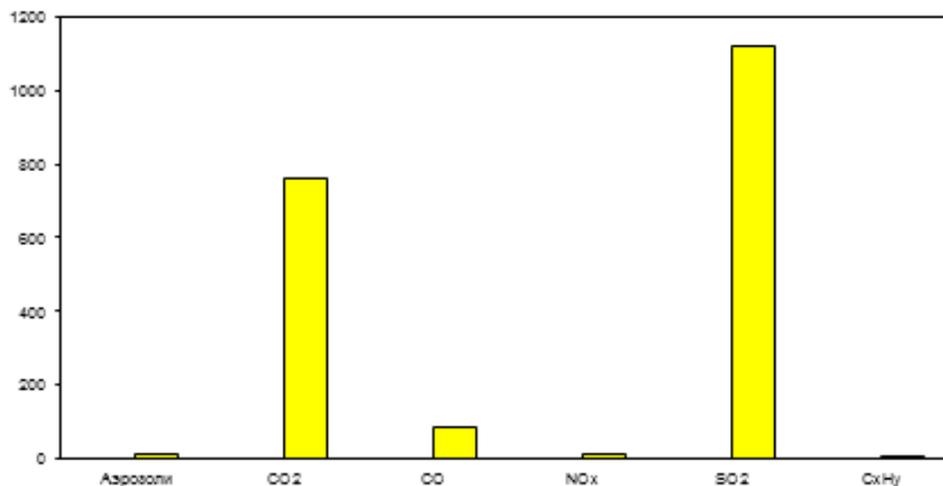


Рис.1. Выбросы вредных веществ при производстве меди (г/кг)

Также обобщены данные по энергозатратам при производстве и рециклировании стали, алюминия, меди и свинца. Приведены удельные показатели потребления электроэнергии в кВт на один килограмм произведенного металла (рис.2).

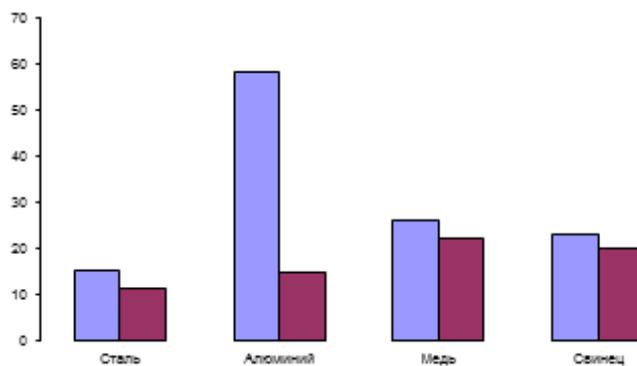


Рис. 2. Энергозатраты при производстве и рециклировании материалов (кВт/кг материала)

Однако по абсолютным показателям выбросов вредных веществ в атмосферу, а также по объему потребления водных и энергетических ресурсов при производстве и рециклировании конструкционных материалов нельзя провести сравнительный анализ и сделать заключение о степени комплексного (интегрального) негативного воздействия на компоненты окружающей среды производства и рециклирования различных материалов.

Метод, разработанный авторами, а также сравнение полученных результатов с результатами других исследователей, позволяет выявить материалы с наименьшим воздействием на окружающую среду [5]. В основе метода лежат формализованные требования к интегральному (комплексному) экологическому показателю технических систем, которые можно представить в виде функционала:

$$K(\varepsilon) = f \left[\varepsilon_A \left(\sum_{i=1}^n e_i \right) \right] = f \left[\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \omega_j [X(A_i)] \right],$$

где $\varepsilon_A \left(\sum_{i=1}^n e_i \right)$ – вектор, характеризующий параметры природно-технической системы, которые поддаются управлению;

ε_A – уровень негативных изменений;

e_i – номенклатура показателей изменений, вызванных технической системой;

j, i – соответствующие индексы номенклатурной принадлежности объекта природы ($j = 1 \dots m$) и технических показателей объекта ($i = 1 \dots n$);

$\omega_o [X (A_i)]$ – техногенное воздействие на протяжении жизненного цикла от объекта X , характеризующего техническими показателями A_i .

Данный функционал не обязательно содержит аддитивные соотношения в выражении интегрального критерия. В данном случае он лишь не исключает возможность линейной аппроксимации интегрального критерия от составляющих его параметров e_i . К числу параметров, поддающихся управлению, относятся те, которые характеризуют технические решения по улучшению показателей экологической безопасности технической системы в жизненном цикле.

В таблице 2 приведены результаты количественной оценки экологической безопасности некоторых конструкционных материалов, полученных по методике авторов в сравнении с другими методами [6].

Таблица 2

Сравнительная таблица экологической безопасности материалов

Материалы	Экологический показатель (Графкина М.В.) [5]	Экоиндикатор, балл/кг материала (Козлов А.В.) [6]
Алюминий	2975,84	0,564
Медь	22720,6	3,148
Пластмасса	1375,12	0,2983
Свинец	4126,88	0,769
Сталь	998,367	0,222

Данный метод применим и оценке экологической безопасности технологических процессов, эффективность расчетов повышается при использовании данных «зеленого» учета. Пример расчета:

$$\Delta \omega_{np} = \omega_T - \omega_3,$$

где ω_T – уровень техногенного воздействия технологического процесса;

ω_3 – уровень инженерной защиты окружающей среды, учитывающий работу аппаратов очистки:

$$\omega_3 = \sum_{i=1}^n \omega_{3i},$$

где ω_{3i} – вклад в снижение техногенного воздействия от применения методов, средств и аппаратов очистки вентиляционных выбросов, сточных вод, повторного использования отходов производства ТС.

$$\Delta \omega_{np} < \omega_y,$$

где ω_y – установленные для предприятия предельно допустимые выбросы в атмосферу, нормы образования отходов и нормативы качества сточных вод [7].

Количественные методы оценки экологической безопасности процессов, оборудования, материалов позволяют упростить выбор разработчиков, основные усилия которых должны быть сосредоточены на технических и функциональных характеристиках процессов.

Для проведения анализа и оценки экологической безопасности технологических процессов в жизненном цикле (в разных пространственно-временных координатах) необходимо развитие навыков стратегического экологического мышления и экологической ответственности за принятие решений у разработчиков процессов.

Несмотря на то, что прогрессивные технологии создаются в том числе и в ответ на требования по защите окружающей среды, в настоящее время используются не все возможности по повышению их экологической безопасности в жизненном цикле. Наиболее эффективно проводить обдумывание экологических аспектов на ранних этапах жизненного цикла технологических процессов, до того, как начинается вовлечение в процесс материальных и энергетических ресурсов. Такой подход позволяет сократить, а в некоторых случаях исключить негативное воздействие на окружающую среду. Для анализа экологической безопасности на ранних этапах жизненного цикла целесообразно применять качественные методы оценки, тогда как на последующих этапах применение количественных методов представляется более результативным и упрощает выбор разработчикам необходимых составляющих процесса.

Список литературы:

1. TE Graedel, EM Harper, NT Nassar, P Nuss, Criticality of metals and metalloids BK Reck. // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015, 112 (14). P. 4257-4262.
2. NT Nassar, TE Graedel, EM Harper By-product metals are technologically essential but have problematic supply. // *Science Advances*. 2015, 1 (3), e1400180.
3. Харченко С.Г., Дорохина Е.Ю. Системный анализ как наилучший путь к экологической безопасности. // *Экология и промышленность России*. 2017, №21(1). С. 42-49.
4. Липунов И.Н., Петрова И.Г., Николаев И.В. К вопросу о рециклинге промышленных отходов. // *Экология и промышленность России*. 2015, №19 (4). С. 24-29.
5. Grafkina M.V., Sviridova E.Y., Sdobnyakova E.E. Improving ecological performance of design processes accounting for product life cycle. // *European Research Studies Journal*. 2017, 20 (2B). P. 294-307.
6. Luksho V.A., Kozlov A.V., Terenchenko A.S., Mirenkova E.A. Mathematical modeling of power units operating on natural gas, with a mono- and dual-fuel working process in total life cycle. // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018, 9 (7). P. 1405-1415.
7. Трофименко Ю.В., Григорьева Т.Ю., Авенариус Н.П. Оценка экологической безопасности легкового автомобиля. // *Экология и промышленность России*. 2004, №7. С. 18-23.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ НА ТЭС

*А.Т.Замалиева, инженер ООО «Газпром трансгаз Казань»,
422000, г.Арск пер.Маяковского д.3
E-mail : Albina-0587@rambler.ru*

Аннотация. Целью работы является усовершенствование циклонных и фильтрующих пылеуловителей посредством повышения эффективности осаждения мелкодисперсных частиц классов PM_{10} , $PM_{2,5}$ с одновременным снижением энергетических и материальных затрат. Проведен анализ существующих способов циклонной фильтрации производственных дисперсных выбросов. Выполнены стендовые испытания циклонного фильтра, изготовленного путем модернизации циклона ЦН-11-200, найдены аэродинамические характеристики его работы. Выполнено расчетное определение эффективности осаждения взвеси из многофазного потока в сепараторе с использованием безразмерного комплекса Re_{\dots} , полученного из уравнений движения однофазного потока Навье-Стокса и уравнения движения частиц, основанного на законе Ньютона. Проведено численное исследование аэродинамических параметров работы циклона на основе методов вычислительной гидродинамики. Для математического моделирования турбулентности использована модель DES.

Annotation. The aim of the work is to improve cyclone and filter dust collectors by increasing the efficiency of deposition of fine particles of PM_{10} , $PM_{2,5}$ classes while reducing energy and material costs. The analysis of existing methods of cyclonic filtration of industrial dispersed emissions is carried out. Performed bench testing of cyclone filter, produced by upgrading of the cyclone CN-11-200, found the aerodynamic characteristics of his work. The calculated determination of the efficiency of the suspension deposition from the multiphase flow in the separator using a dimensionless RER complex is performed., derived from the Navier-Stokes single-phase flow motion equations and the particle motion equation based

on Newton's law. A numerical study of the aerodynamic parameters of the cyclone based on the methods of computational fluid dynamics. The DES model is used for mathematical modeling of turbulence.

Ключевые слова: Повышение эффективности систем газоочистки на ТЭС, тепловых электростанций
Keyword: Improving the efficiency of gas treatment systems for thermal power plants

На сегодняшний день проблема повышения энергетической и экологической эффективности очистки дымовых газов и выбросов систем пылеприготовления ТЭС с угольной генерацией и систем подготовки газа на ТЭС с газовой генерации, является весьма актуальной, и регламентируется в России требованиями Федерального закона №261-ФЗ от 23.11.2009 года (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». На производственных объектах для пылезолоосаждения достаточно широко применяются циклонные пылеуловители, что объясняется преимуществом ряда их технико-экономических показателей по сравнению с другими пылеулавливающими устройствами. Это простота конструкции и изготовления, высокая пропускная способность на единицу массы оборудования, небольшие эксплуатационные расходы, возможность улавливания пыли в сухом виде, сохранение требуемой фракционной эффективности очистки при увеличении загрузки потока твердой фазой, надежность работы при достаточно высокой температуре. В мире интенсивно ведутся поиски путей совершенствования циклонных устройств в направлении повышения степени осаждения взвешенных частиц и снижения энергоемкости циклонной очистки. Авторами работы [1] представлен HL-циклон высокой производительности (Hochleistungszyklon). Он отличается от стандартных классических циклонов сквозной центральной (осевой) «направляющей» трубой, сильно зауженным входным патрубком запыленного газа, существенно укороченной конической частью циклона, впадающей в бункер. По мнению авторов разработки, конструктивное дополнение в виде центральной трубы, расположенной по оси HL-циклона (рис.1), обеспечивает высокоэффективную работу аппарата данной конструкции. По представлениям авторов [2], в классических стандартных циклонах без центральной направляющей трубы переход от ламинарного к турбулентному течению происходит внутри выхлопной трубы аппарата. В результате ядро вихря потока в аппарате становится нестабильным, что вызывает большие потери давления и энергозатраты, по-видимому, на перестройку структуры потока, заключающуюся в разрушении организованного вращательного движения потока с образованием мелких вихрей стохастического характера. По [3] это вызывает, в свою очередь, высокие потери (до 90% от общей потери давления) вследствие диссипации энергии в потоке. Авторы [4] заключают, что роль центральной («направляющей») трубы на оси циклона заключается в стабилизации вращающегося течения потока, и в сдвиге перехода от ламинарного к турбулентному режиму в область более высоких чисел Рейнольдса. В этом случае потеря статического давления снижается, а степень разделения улучшается ввиду увеличения динамического напора.

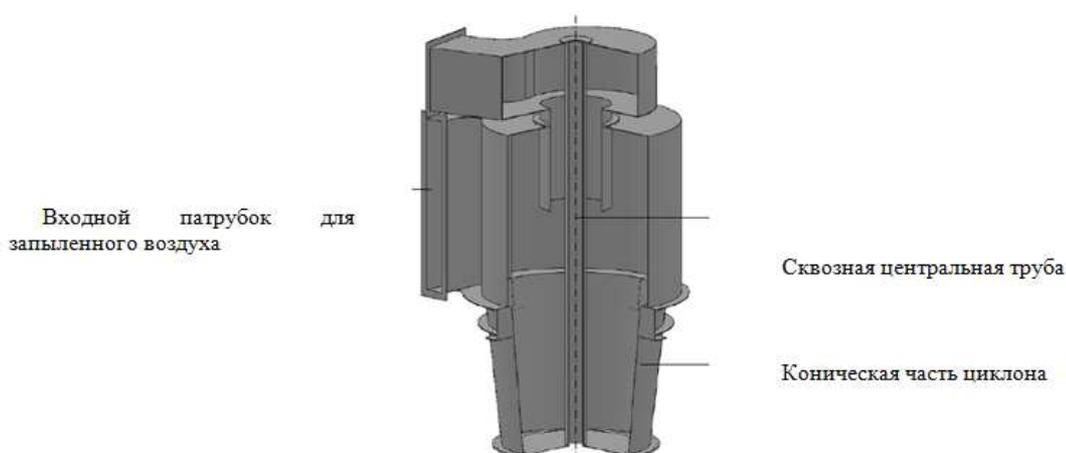


Рис.1. Конструкция HL-циклона [3]

Вместе с тем данные авторов [1] показывают, что испытания данной конструкции циклона проводились при нагрузках в 1,5...2 раза ниже оптимальных для классических стандартных циклонов такого типоразмера. Следовательно, испытанные режимы могут не соответствовать условиям

промышленной эксплуатации аппаратов, и эффективность, достигнутая в экспериментах, в реальных условиях может не подтвердиться.

Для очистки производственных выбросов, в том числе загрязненных особо опасными взвесями, а также при необходимости тонкой очистки выбросов, может применяться циклон-фильтр [5] (рис.2).

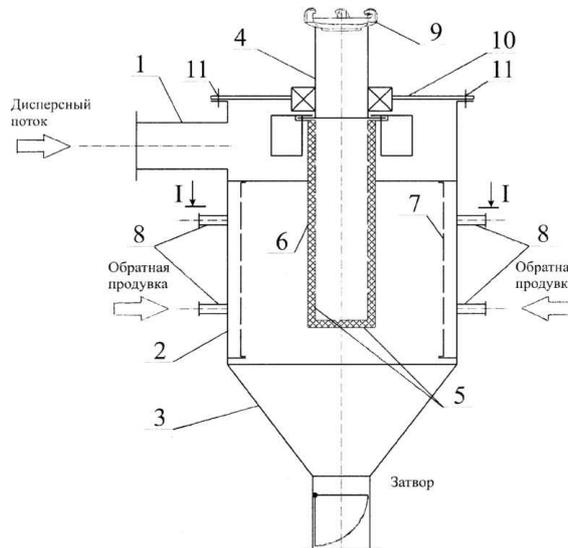


Рис.2. Циклон-фильтр (патент № 2361678 РФ)

[5]: 1-входной патрубком, 2-корпус, 3-коническое днище, 4-штуцер отвода, 5-цилиндрический каркас, 6-плотный фильтровальный материал, 7-тонкая фильтровальная ткань, 8-продувочные штуцеры, 9-цапфовый элемент, 10-верхний торец, 11-крепёжные элементы разъема

Техническая задача интенсификации циклонной обработки и повышения степени осаждения тонкодисперсных частиц решается здесь путем увеличения скорости дисперсного потока с одновременным принятием мер по предотвращению абразивного износа внутренних поверхностей аппарата. Устройство позволяет уменьшить ресурсоемкость, однако энергозатраты растут пропорционально увеличению скорости.

Анализ множества других существующих устройств циклонной фильтрации производственных дисперсных выбросов (напр., [6, 7, 8, 9]) также показал, что устройства, обладающие высокой степенью осаждения частиц классов PM_{10} и $PM_{2,5}$, одновременно являются материало- и энергозатратными. Аппараты же с низким сопротивлением, и, следовательно, не энергозатратные, имеют невысокую степень осаждения частиц указанных классов.

С целью обеспечения надлежащей очистки газов от взвешенных частиц классов PM_{10} , $PM_{2,5}$ без увеличения энергозатрат на осаждение взвеси предлагается усовершенствованная конструкция циклона-фильтра. Достижение высокой степени очистки мелкодисперсной взвеси необходимо при газовой генерации для обеспечения надежной работы агрегатов газотурбинных установок (ГТУ) парогазовых циклов ТЭС, а при угольной генерации – для повышения энергоэффективности работы газоочистных устройств. Так, например, повышение эффективности выделения взвешенной части из потока природного газа в пункте подготовки газа (ППГ) ТЭС приводит к снижению износа цилиндрических стенок поршневых компрессоров или поверхностей винтов и корпуса сложной конфигурации (точность обработки которых составляет 10 мкм) винтовых дожимающих компрессорных станций (ДКС). А оснащение газопровода перед ГТУ (после предохранительного запорного клапана) высокоэффективными пылесадителями для повышения степени осаждения продуктов внутренней коррозии трубопроводов и предотвращения их попадания в ГТУ для замедления абразивного износа лопаток турбин предусмотрено специальными статьями федеральных норм и правил России (ФНиП) в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» (п.п. 93, 94).

Предлагаемая конструкция циклона-фильтра может быть также использована при угольной генерации для повышения степени очистки атмосферных выбросов систем пылеприготовления

от угольной пыли и дымовых газов ТЭС от золы мелкодисперсных частиц классов PM_{10} , $PM_{2.5}$. По данным [10], в летучей золе электростанций среднее содержание таких частиц около 30%, а в выбросах угольной и сланцевой пыли может достигать 35%. Предлагаемый циклонный фильтр (рис.3) с тангенциальным подводом воздуха совмещает две ступени очистки. Испытания показали, что он обеспечивает достаточно высокую эффективность очистки выбросов, содержащих частицы классов PM_{10} и $PM_{2.5}$, при приемлемых энергетических затратах и невысоком абразивном износе. Для эффективного осаждения мелкодисперсных частиц с минимальными энергетическими и материальными затратами циклон имеет дополнительное устройство – вставку из тканого фильтра.

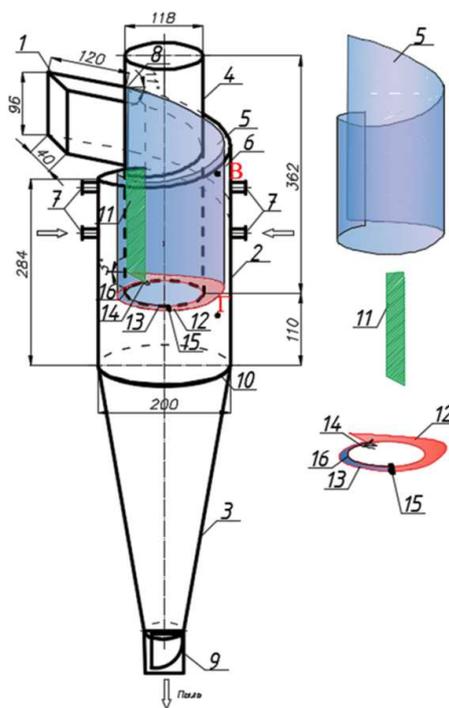


Рис.3. Схема конструкции циклона-фильтра:

1 - входной патрубок; 2 - цилиндрический корпус; 3 - коническое днище; 4 - выхлопная труба; 5 (б) - фильтровальный материал; 6 - металлический каркас; 7 - продувочные итуцера; 8 - торец циклона; 9 - заслонка; 10 - детали крепежа; 11 (в) - поперечный фильтр; 12 (г) - горизонтальный фильтр, тканая часть; 13 - горизонтальный фильтр, металлическая часть; 14 - пластина с пружиной; 15 - стержень с кольцами; 16 – складывающийся фильтр

Стендовые испытания циклона-фильтра проведены на базе серийного циклона ЦН-11 диаметром 200 мм. Испытания проводились на специально подготовленном дисперсном материале – шамотной пыли с размером частиц до 63 мкм. Пробу материала для испытаний отбирали в соответствии с надлежащей лабораторной практикой по ГОСТ Р 51568-99 (ИСО 3310-1-90) и классифицировали на сите. Радиусы частиц по результатам седиментационного анализа фракционного состава проб получились от 1,23 мкм до 31,51 мкм; следовательно, наибольший диаметр частиц пыли по результатам седиментационного анализа соответствует размеру ячейки сита. Дисперсный состав пыли в выбросах после циклона-фильтра определялся при помощи импактора. По результатам анализа дисперсного состава потока среднегеометрический размер частиц d_{50} составил 1,6 мкм.

Проведенные опытные исследования подтвердили целесообразность конструктивного дополнения возвратно-поточных циклонов фильтрующей вставкой в зоне, где происходит инерционное осаждение пыли. Вместе с тем, с целью доработки конструкции, был выполнен ряд исследований на базе расчетных методов. Для определения эффективности отделения взвешенной части потока в данном циклоне-фильтре был использован безразмерный комплекс Re_r [11]:

$$\text{Re}_r = \frac{U_0 \cdot \rho_p^2 \cdot D_p^4}{c \cdot \rho_g \cdot R_2^3 \cdot \eta} \quad (1)$$

где: U_0 – начальная скорость, м/с, ρ_p – плотность частиц, кг/м³, D_p – диаметр микрочастиц, м, c – коэффициент, зависящий от завихряющегося устройства, ρ_g – плотность газа, кг/м³, R_2 – радиус циклона, м, η – коэффициент динамической вязкости, Па·с.

Параметр Re_r получен в результате использования двух общепринятых методов теории подобия – анализа размерностей и масштабирования, с приведением системы уравнений, состоящих из уравнений Навье-Стокса для движения потока и закона Ньютона для движения частицы, к безразмерному виду. Расчеты показали, что степеням осаждения частиц в циклоне соответствуют строго определенные значения чисел Re_r . Так, степени осаждения 99 % при скорости 5,0 м/с может быть сопоставлено число $\text{Re}_r=2,4 \cdot 10^{-3}$, а степени осаждения 50 % $\text{Re}_r=4,65 \cdot 10^{-8}$. Проведенные исследования показали, что расчеты на основе Re_r приводят к результатам, близким к опытным параметр Re_r . При этом параметр Re_r позволяет устанавливать режимы инерционной сепарации частиц различных размеров из любых потоков с криволинейными линиями тока, т.е. из потоков как в циклонах, так и в пористой среде.

Также было выполнено численное моделирование аэродинамических параметров работы циклона-фильтра на основе методов Computational Fluid Dynamics (CFD). На сегодняшний день существует множество работ по CFD-моделированию потоков в циклонах, напр., [12,13,14]. Однако в них, как правило, наблюдались только отдельные характеристики потока в конкретных модификациях циклонов. Поэтому были проведены численные исследования 3d-модели потока разработанной конструкции циклона-фильтра. Принятая модель Detached Eddy Simulation (DES) является «гибридной», базирующейся на совместном использовании осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS) и моделирования крупных вихрей (LES). Сочетает в себе сильные стороны этих двух методов, а именно, высокую точность статистических моделей в области пограничного слоя и приемлемых вычислительных затрат RANS и универсальности LES в отрывных областях потока.

Дополнительный резерв энергосбережения при использовании предлагаемого способа очистки заключается в оптимизации форм соединительных деталей в коммуникациях. Как известно, степень осаждения взвешенных частиц из гетерогенного потока коррелирует с величиной энергетических затрат, непосредственно связанных с процессами осаждения. В конструкции представленного циклона-фильтра это процессы осаждения взвеси на поверхностях фильтровальной вставки и внутренней стенки циклона. Потери же энергии на сопротивления, возникающие при движении запыленного потока в фасонных деталях перед циклоном и при его входе в циклон, таковыми не являются, но они неизбежны в процессе эксплуатации аппарата. Таким образом, предлагаемая конструкция циклона-фильтра позволяет достичь увеличения пропускной способности очистных аппаратов при повышении качества очистки газа, которое выражается в уменьшении размера частиц, улавливаемых на 50 % (диаметра отсекания), со средних для циклонов значений 5-10 мкм до 1,6 мкм.

Указанное улучшение качества очистки не требует существенного увеличения затраты энергии. Это одно из основных преимуществ перед обычными циклонами, у которых для снижения диаметра отсекания на 0,1 мкм (начиная с 2-3 мкм) требуется увеличивать затраты энергии до 15 %.

Список литературы

1. Brunnmair E. Entwicklung und Modellierung eines neuen Hochleistungszyklons zur Trennung von Feststoff / Gas-Gemischen: Dissertation zur Erlangung des akademischen Gradeseines Doktors der montanistischen Wissenschaften, Montanuniversität Leoben. – Leoben, 2015.- p. 168.
2. Bielefeldt E. A., Wirbelkammern neuerer Technologie: BE-Bericht 1/86; Neue Patentanmeldung Wirbel-trennverfahren, 2013.- p. 286.
3. Muschelknautz E. Theorie der Fliehkraftabscheider mit besonderer Berücksichtigung hoher Temperaturen und Drücke: VDI-Bericht Nr. 363, 1980.- P. 49 – 60.
4. Staudinger G., Zyklone mit Zentralkörpern: Veröffentlichung in Chem.Ing.-Tech. 64; 1992.- Seite 769 - 888.
5. Пат. 2361678 Российская Федерация МПК В04С9/00, В01D50/00. Циклон-фильтр / Зиганшин М.Г.; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный архитектурно-строительный университет ФГОУ ВПО КазГАСУ (RU); подача заявки: 2008-03-14; публикация патента: 20.07.2009. -5с.: ил.

- Balestrin E., Decker R.K., Noriler D., Bastos J.C.S.C., Meier H.F. An alternative for the collection of small particles in cyclones: experimental analysis and CFD modeling: Separation and Purification Technology, 2017, P. 54-65.
- Mazyan W.I., Ahmadi A., Ahmed H., Hoorfar M. Increasing Efficiency of Natural Gas Cyclones through Addition of Tangential Chambers: Journal of Aerosol Science, 2017, P. 36-42.
- Темникова, Е. Ю. Исследование характеристик циклона с внутренними элементами / Е.Ю. Темникова, А.Р. Богомолов, П.Т. Петрик // Вести Кузбасского гос. тех. унив., 2009. – № 2. - С. 140-144.
- Серебрянский, Д.А. Циклонные пылеуловители. Малозатратная модернизация / Д.А.Серебрянский, А.А.Захаров, С.В.Плашихин // Хімічна промисловість України.- 2013.- № 3. - С.70-74.
- Атлас промышленных пылей. Часть 1. Летучая зола промышленных электростанций. Л. Я. Скрябина. ЦИНТИХимнефтемаш. – М.: 1980. - 48с.
- Зиганшин М. Г., Зиганшин А. М. Лабораторно-практический курс пылегазоочистки. Часть 1. Метод. пособие и указания по учебной и исследовательской работе для студентов. Казань. : Изд-во КГАСУ, 2012. - 188 с.
- Fassani F. L., Goldstein L. A study of the effect of high inlet solids loading on a cyclone separator pressure drop and collection efficiency: Powder Technology, 107, 2000. - P. 60-65.
- Hoffmann C., Vansanten A., Allen R. W. K., Clift R. Effects of geometry and solid loading on the performance of gas cyclones: Powder Technology, 70, 1992. - P. 83-91.
- Chu K. W., Wang B., Yu A. B., Vince A. CFD-DEM modeling of multiphase flow in dense medium cyclones: Powder Technology, 193, 2009. - P. 235-247.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПРЕДЕЛАХ Г. НОВОХОПЕРСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Т.И. Прожорина, к.х.н., доц, О.А. Гребенникова, студ.

Воронежский государственный университет

394068 г. Воронеж, ул. Хользунова 40, тел. (4732) -66-56-64

E-mail: coriandre@rambler.ru

Аннотация: В работе дана оценка качества источников централизованного и децентрализованного питьевого водоснабжения на основании результатов химического состава питьевой воды, отобранной в различных административных районах г. Новохоперск Воронежской области и его окрестностей. Результаты исследований показывают, что необходимо усилить контроль и продолжить мониторинг за качеством питьевого водоснабжения.

Abstract: The paper assesses the quality of sources of centralized and decentralized drinking water supply on the basis of the results of the chemical composition of drinking water selected in various administrative districts of Novokhopersk of the Voronezh region and its environs. The results of the studies show that it is necessary to strengthen control and continue monitoring of the quality of drinking water supply.

Ключевые слова: разовые пробы, химический состав, качество питьевой воды, приоритетные загрязнители, общая жесткость, нитратное загрязнение, гигиенические нормативы.

Keywords: single samples, chemical composition, quality of drinking water, priority pollutants, total hardness, nitrate pollution, hygiene standards.

Состояние источников питьевого водоснабжения, неудовлетворительная очистка и обеззараживание напрямую связаны с качеством питьевой воды, подаваемой потребителям. В целом по России 20,6% проб, взятых из водопровода, не отвечают гигиеническим требованиям к питьевой воде по санитарно-химическим показателям (органолептическим характеристикам, общей минерализации и по содержанию токсических веществ) и 10,6% - по микробиологическим. Обобщая все вышесказанное необходимо сказать о том, что качество воды оставляет желать лучшего, поэтому зачастую водный фактор является причиной множества заболеваний. В связи с этим должны проводиться мероприятия, направленные на улучшение качества питьевой воды. Обоснованные претензии к качеству питьевой воды имеются во всех регионах РФ, в том числе и в Воронежской области.

Цель работы заключается в оценке качества источников централизованного и децентрализованного питьевого водоснабжения на основании результатов эколого-аналитических исследований химического состава питьевой воды, отобранной в различных административных районах г. Новохоперска Воронежской области и его окрестностей.

В качестве объекта исследования источников централизованного водоснабжения 17.01.2019 г. авторами работы было отобрано 4 разовых пробы питьевой воды из разводящей сети двух районов в г. Новохоперска.

Химический анализ отобранных проб воды проводился в аттестованной эколого-аналитической лаборатории Воронежского госуниверситета для ряда наиболее приоритетных компонентов с применением аналитических методов анализа [3].

Анализ полученных данных показал, что во всех отобранных пробах питьевой водопроводной воды значения величины pH и содержание основных макрокомпонентов солевого состава (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^-) находятся в пределах нормы. Однако в некоторых пробах имеются превышения ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения по общей жесткости. Результаты анализа показали, что в 3 пробах обнаружена повышенная жесткость до 7,4 ммоль/л (при норме ≤ 7 ммоль/л), что позволяет отнести их к категории «жесткие». Этот фактор может привести к зашлаковыванию организма и образованию камней в почках. Такую воду опасно употреблять в питьевых целях без соответствующей очистки.

Во всех пробах обнаружено повышенное содержание хлоридов от 105,5 до 115,4 мг/л (при норме ≤ 350 мг/л). Избыток солей приводит к изменениям в кровеносных сосудах, перегружает работу сердца и почек, повышает артериальное давление [4]. Несмотря на то, что содержание нитрат-ионов во всех пробах воды соответствует требованиям гигиенических нормативов, следует отметить их значительное присутствие в диапазоне от 21,75 до 36,16 мг/л (ПДК ≤ 45 мг/л). Наличие соединений азота в воде может стать причиной ухудшения качества воды по микробиологическим показателям.

В связи с отсутствием водопровода, население окрестных сел г. Новохоперска в питьевых целях активно использует воду из децентрализованных источников водоснабжения (скважины, одиночные колонки, колодцы, родники), при этом считая ее более чистой, чем из городского водопровода. Поэтому в качестве объектов исследования источников децентрализованного водопользования послужили 6 разовых проб воды из 5 скважин (глубиной от 4 до 23 м) и 1 колонки, отобранных в трех близлежащих населенных пунктах: пос. Половцево, станция Половцево 2 и село Красное (по 2 в каждом поселении соответственно) [1].

Первым этапом оценки качества питьевой воды является проведение органолептических исследований, к которым относится визуальная оценка цветности воды, прозрачности, характера и интенсивности запаха, характера и количества осадка. Анализ данных позволил выявить низкую прозрачность (от 7,1 до 2,4 см) и наличие повышенной цветности (от 60 до 80 град) в пробах воды, отобранной на ст. Половцево 2 и в с. Красное. Органолептические показатели нормируются для вод хозяйственно-питьевого назначения, поэтому их повышенные значения могут косвенно свидетельствовать о загрязнении вод.

Результаты анализа показали, что практически все пробы соответствуют установленным нормам и характеризуются как «умеренно-жесткие». Однако, в одной пробе (ст. Половцево 2) обнаружена повышенная жесткость, превышающая норматив в 1,1 раза, вода относится к категории «жесткая». В четырех пробах из шести обнаружено нитратное загрязнение питьевой воды. Так, например, в двух пробах, отобранных на ст. Половцево 2, содержание нитратов превышает ПДК от 3,4 до 12,3 раз; и по одной пробе, отобранной в пос. Половцево, – в 11,2 раза и с. Красное – в 1,1 раза (при норме до 45 мг/л). Значительное содержание нитратного азота, имеет вероятно, антропогенный характер. Кроме того, в подземных водах с. Красное обнаружено повышенное содержание железа в диапазоне от 1,35 до 2,34 мг/л (при норме не более 0,3 мг/л), что связано с фактором природного происхождения.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие обобщающие выводы.

1. Установлено, что население г. Новохоперска и его окрестностей употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения" [2].
2. Питьевая вода централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Новохоперска Воронежской области характеризуется повышенной жесткостью и присутствием значительного количества хлоридов и нитратов.
3. Приоритетными загрязняющими веществами в источниках децентрализованного питьевого водоснабжения окрестных сел г. Новохоперска (пос. Половцево, станция Половцево 2 и село Красное) являются: общая жесткость и железо (природного происхождения); нитраты (антропогенного загрязнения).

Для подачи населению качественной питьевой воды необходимы серьезные преобразования в системе централизованного и децентрализованного водоснабжения Воронежской области. Для решения этой проблемы нужны большие капиталовложения, которых в настоящее время нет. Поэто-

му необходимо продолжить контроль за качеством водоснабжения, а населению пользоваться бытовыми фильтрами для очистки воды.

Список литературы

1. Медико-экологический атлас Воронежской области [Электронный ресурс] : монография / С. А. Куролап, Т.И. Прожорина, М. А. Клевцова, П. М. Виноградов, Н. В. Каверина, С. А. Епринцев, Л. О. Середа, А. Е. Скосарь, И. В. Попова, О. В. Клепиков, Ю. И. Стёпкин, Н. П. Мамчик, И. В. Колнет, Е. М. Студеникина, Ю. С. Калашников. Воронеж : Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества) URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (дата обращения 11.03.2019г.)
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.1074-01. – Москва, Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.
3. Прожорина Т.И., Хрулова И.П. Оценка качества централизованного питьевого водоснабжения г. Воронежа/Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 142-144.
4. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Нагих Т.В. Исследование состояния питьевого водоснабжения в пределах города Воронежа и окрестностей// Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа: сб. науч. статей / под общей редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Научная книга, 2018. С.86-92.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ

*А.Л. Новикова, аспирантка, О.Б. Назаренко, д.т.н., проф,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина 30,
E-mail: furia.08@mail.ru*

Аннотация: В данной статье исследуются и сравниваются существующие методы очистки сточных вод от ионов металлов (Cd(II), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Fe(III), Mn(II), Pb(II), As(III)). Исследования показали, что модифицированные цеолиты (клиноптилолиты) высокоэффективны, селективны и могут использоваться для очистки сточных вод от мышьяка. Также цеолиты могут регенерироваться и использоваться повторно.

Abstract: This article examines and compares existing methods of wastewater treatment from metal ions (Cd (II), Cr (III), Cu (II), Ni (II), Fe (III), Mn (II), Pb (II), As (III)). Studies have shown that modified zeolites (clinoptilolites) are highly effective, selective, and can be used to purify wastewater from arsenic. Zeolites can also be regenerated and reused.

Ключевые слова: ионы металлов, сорбция, физико-химические методы анализа, цеолиты, сточные воды, модифицированные цеолиты, клиноптилолит.

Keywords: metal ions, sorption, physico-chemical methods of analysis, zeolites, wastewater, modified zeolites, clinoptilolite.

В данное время в мире существует ряд глобальных проблем, связанных с защитой окружающей среды, одна из важнейших – это загрязнение поверхностных и подземных вод. Данная проблема возникла из-за роста объемов сбросов сточных вод, а также устаревания технических решений, используемых на производствах для очистки воды.

Поступление в водную среду со сточными водами загрязнителей, концентрации которых превышают ПДК, составляет часть огромной экологической проблемы. В связи с этим поиск экологически безопасных и эффективных методов удаления загрязнителей является одним из приоритетных направлений в области защиты окружающей среды.

Сточные воды, полученные в результате процессов многих отраслей промышленности, содержат различные загрязнители (неорганические катионы, анионы, масла, органические вещества и т. д.) и оказывают токсическое воздействие на экосистему. Существуют различные методы и технологии по очистке сточных вод, но удаление загрязнителей требует экономически оправданных и эффективных технологий и методики [1].

Природные цеолиты являются гидратированными алюмосиликатными материалами, которые обладают исключительными ионообменными и сорбционными свойствами, они экологически безопасны и экономически выгодны. Их эффективность в различных технологических процессах зависит от их физико-химических свойств, которые тесно связаны с их геологическим происхождением. Пористая структура дает природным цеолитам различные возможности применения. Природные цеолиты в очистке сточных вод достаточно эффективны по сравнению с другими методами, но степень очистки зависит от многих факторов, таких как начальная концентрация ионов металлов, pH воды, температура, возможность химических превращений ионов металлов, состав и количество загрязнителей. Также возможна регенерация цеолита и повторное использование. Полученный концентрат ионов металлов после регенерации цеолита может быть использован в производстве, либо утилизирован согласно закону.

В данной работе нами проведен анализ исследований эффективности очистки сточных вод от ионов металлов (Cd(II), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Fe(III), Mn(II), Pb(II), As(III)) физико-химическими методами и с использованием природных и модифицированных цеолитов.

Таблица 1 и 2 показывает эффективность удаления катионов металлов из сточных вод с использованием 4 природных и 1 модифицированного цеолита и эффективность удаления тех же элементов другими физико-химическими методами.

Таблица 1

Сравнение эффективности очистки сточных вод от ионов металлов физико-химическими методами

Физико-химические методы	Эффективность очистки, %								Ссылка на исследование
	Cd(II)	Cr(III)	Cu(II)	Ni(II)	Fe(III)	Mn(II)	Pb(II)	As(III)	
Осаждение	96-99	99	80	71-85	-	99	92	-	[2-4]
Ионный обмен	100	100	100	100	100	100	-	-	
Мембранная фильтрация	93-99	86-95	98-100	60-100	90	85	99	20-55	
Коагуляция/флокуляция	99	-	99	-	-	99	-	-	
Флотация	-	95-98	85-99	70-98	-	-	-	-	
Электрохимический метод	13	77-99	98-99	69-90	-	78	-	99	

Эффективность удаления ионов металлов из сточных вод зависит от многих факторов, таких как начальная концентрация ионов металлов в сточных водах, pH значение системы, возможность образования гидроксильного аниона металла, предшествующей химической и термической модификации цеолита. А также эффективность зависит от количества воды, которая должна быть очищена и скорости подачи воды, если речь идет о динамических условиях очистки.

Таблица 2

Сравнение эффективности очистки сточных вод от ионов металлов природными цеолитами

Цеолиты	Эффективность очистки %								Ссылка на исследование
	Cd(II)	Cr(III)	Cu(II)	Ni(II)	Fe(III)	Mn(II)	Pb(II)	As(III)	
Клиноптилолит	90	90	90	75	70	-	95	-	[5-11]
Клиноптилолит модифицированный	90-100	88	80	37	90	70	90-99	90	
Шабазит	-	-	98	98	-	-	-	-	
Сколецит	59	96	-	40	-	75	-	-	
Филлипсит	-	-	-	-	88	-	-	-	

Природные цеолиты являются экологически безопасными и экономически выгодными природными минералами, обладающие высокой катионнообменной способностью и, следовательно, высоким потенциалом для их применения для удаления ионов металлов и аммиачного азота из сточных вод. Эффективность использования цеолитов в различных технологических процессах зависит от физико-химических свойств, связанных с их геологическим происхождением. Среди цеолитов большей эффективностью и селективностью обладают модифицированные клиноптилолиты, они устойчивы к химическим, механическим и термическим изменениям, могут регенерироваться и использоваться повторно. Цеолиты обычно используются для удаления катионов из водных растворов, в то же время, анализ литературных источников показал, что специальная обработка цеолитов приводит к изменению их свойств и успешному использованию модифицированных цеолитов для удаления анионов из водных растворов.

На основании обработанной информации можно сделать вывод, что для очистки сточных вод от ионов металлов эффективными могут быть как физико-химические методы, так и цеолиты. Среди физико-химических методов самым эффективным оказался метод мембранной фильтрации, а среди цеолитов – модифицированный клиноптилолит.

Стоит отметить, что для очистки сточных вод могут быть использованы комбинированные методы. В своих исследованиях мы планируем использовать модифицированные клиноптилолиты.

Список литературы:

1. Wang S, Peng Y (2010) Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chem. Engin.J.* 156:11-24.
2. Kurniawan TA, Chan GYS, Lo WH, Babel S (2006) Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chem.Engin.J.* 118:83-98.
3. Fu F, Wang Q (2011) Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *J. Environ. Manage.* 92:407-418.
4. Choo KH, Lee H, Choi SJ (2005) Iron and manganese removal and membrane fouling during UF in conjunction with prechlorination for drinking water treatment. *J.Memb.Sci.* 267:18-26.
5. Al-Anbera M, Al-Anberb ZA (2008) Utilization of natural zeolite as ion-exchange and sorbent material in the removal of iron. *Desalination* 225:70-81.
6. ĆurkovićL, Cerjan StefanovićŠ, Filipan T (1997) Metal ion exchange by natural and modified zeolites. *Water Res.* 31:6:1379-1382.
7. Leyva-Ramos R, Jacobo-Azuara A, Diaz-Flores PE, Guerrero-Coronado RM, MendozaBarron J, Berber-Mendoza MS (2008) Adsorption of chromium (VI) from an aqueous solution on a surfactant-modified zeolite. *Coll.Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 330:35-41.
8. Woinarskia AZ, Snapeb I, Stevensa GW, Starkb SC (2003) The effects of cold temperature on copper ion exchange by natural zeolite for use in a permeable reactive barrier in Antarctica. *Cold Reg. Sci.Technol.* 37:159-168.
9. RajićN, StojakovićDj, JovanovićM, Zabukovec Logar N, Mazaj M, KaučićV (2010) Removal of nickel(II) ions from aqueous solutions using the natural clinoptilolite and preparation of nano-NiO on the exhausted clinoptilolite. *Appl. Surf. Sci.* 257:1524-1532.
10. Shavandi MA, Haddadian Z, Ismail MHS,Abdullah N, Abidin ZZ (2012) Removal of Fe(III), Mn(II) and Zn(II) from palm oil mill effluent (POME) by natural zeolite. *J. Taiwan Ins.Chem. Engin.* (in press).
11. Dal Bosco SM, Jimenez RS, Carvalho WA (2005) Removal of toxic metals from wastewater by Brazilian natural scolecite. *J.Coll.Interf.Sci.* 281:424-431.

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

О.О. Герасимова, к.т.н, доц., С.А. Карауш, д.т.н., проф., Е.А. Герасимова ассист.

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003, г. Томск, пл. Соляная 2, тел. 8(3822) 66-01-45

E-mail: Ologeras@mail.ru

Аннотация: в статье рассмотрены основные проблемы, которые существенно препятствуют внедрению риск-ориентированного подхода на предприятиях.

Abstract: the article discusses the main problems that significantly impede the introduction of a risk-based approach in enterprises.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, промышленная безопасность, оценка профессионального риска.

Keyword: risk-based approach, industrial safety, occupational risk assessment.

Обсуждению риск-ориентированного подхода в России последние годы уделяется повышенное внимание [1 – 3]. Во всех ведомствах внедряется эта система при осуществлении контрольно-надзорной деятельности. Так, с 1 января 2018 года проведение проверок соблюдения трудового законодательства должно основываться на применении риск-ориентированного подхода. Этого требует Положение о федеральном государственном надзоре за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, которое утверждено постановлением Правительства РФ 01.09.2012 № 875. Согласно Положению, деятельность работодателей необходимо отнести к определенной категории риска в соответствии с Правилами, утвержденными постановлением Правительства РФ от 17.08.2016 № 806.

Особую актуальность риск-ориентированный подход приобретает именно сейчас, с развитием производственных технологий, автоматизации и средств защиты. Например, на многих опасных производственных объектах уже внедрены системы противоаварийной защиты и автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Обеспечение промышленной безопасности на производстве выходит на первый план, многие компании внедряют свои стандарты, в которых требования даже более жесткие, чем в нормативно-правовых актах. Но в то же время еще остаются руководители предприятий, которые хотят минимизировать издержки и экономить на безопасности работников. Облегчить бремя административной нагрузки на первых и усложнить жизнь «недобросовестным» работодателям, и призвано внедрение риск-ориентированного подхода.

Основой риск-ориентированного подхода являются результаты специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков. О действительном состоянии безопасности на производствах можно объективно судить, проводя оценку рисков на каждом предприятии.

Проведем анализ уровней риска, частоты проверок и количества предприятий, относящихся к каждой из выделенных групп (табл. 1). Учитывая при этом, что организация плановых проверок работодателей с 1 марта 2017 года должна проводиться на основе риск-ориентированного подхода (согласно постановлению Правительства РФ от 16 февраля 2017 г. № 197), и частота плановых проверок зависит от уровней риска.

Таблица 1

Количество предприятий относительно выявленных уровней риска

Уровень риска	Частота проверок	Количество предприятий
Высокий уровень	один раз в 2 года	6,5 тыс.
Значительный уровень	один раз в 3 года	3,5 тыс.
Средний уровень	один раз в 5 лет	22, 3 тыс.
Умеренный уровень	один раз в 6 лет	1,998 млн
Низкий уровень	проведение плановых проверок не осуществляется	5,774 млн

При оценке уровней риска основными критериями являются:

- данные ведомственной отчетности о результатах проверок за предшествующие 3 года;
- сведения о производственном травматизме за предшествующие 3 года;
- сведения о задолженности по заработной плате за предшествующий год.

Однако высокий уровень риска может быть присвоен работодателю вне зависимости от других показателей, если имел место смертельный несчастный случай на производстве.

Кроме того, при оценке уровней риска учитывается отраслевая принадлежность предприятия, которая основана на кодах общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД). У крупных предприятий кодов может быть несколько, но оценка производится по основному виду деятельности. Иногда предприятия, не смотря на смену производственной деятельности, не меняют код. Или преднамеренно ставят код с заниженными значениями риска.

На сегодняшний день, проверками охвачено лишь 1,7 % от 8 миллионов хозяйствующих субъектов. Это существенно недостаточно, ведь согласно рекомендаций МОТ, такой охват должен со-

ставлять 20 – 25 %. Стоит обратить внимание на снижение плановых проверок. При этом растет число обращений граждан в государственную инспекцию труда, а следовательно увеличиваются внеплановые проверки. Остается только догадываться, каким образом связаны эти события: либо имеется прямая зависимость, либо работа государственной инспекции труда стала более эффективной и осведомленность граждан о ее работе стала лучше. Так или иначе, важнее всего обеспечить безопасность на предприятиях, уменьшить количество нарушений.

Говоря о надзоре за промышленной безопасностью необходимо отметить ряд затруднений, которые существенно препятствуют внедрению риск-ориентированного подхода [4, 5]:

- рост числа поднадзорных объектов;
- отсутствие регулярного надзора за опасными производственными объектами;
- сокращение инспекторского состава;
- отсутствие непрерывного доступа к актуальной информации о рисках аварий, автоматизированным системам эксплуатирующих организаций и проводимым мероприятиям по предупреждению аварийных ситуаций на объектах.

Таким образом, на наш взгляд, уже проделана существенная работа, направленная на внедрение риск-ориентированного подхода, большая работа по его усовершенствованию еще предстоит. Важность риск-ориентированного подхода заключается не только в повышении эффективности контрольно-надзорной деятельности, но и самое основное, в повышении безопасности на производствах: в улучшении условий труда работников предприятий, в снижении несчастных случаев на производстве и сохранении жизни трудоспособного населения нашей страны.

Список литературы:

1. Козлов, А.Е. Новые подходы к оценке риска на опасных производственных объектах / А.Е. Козлов, О.О. Герасимова // Избранные доклады 64-й универ. научно-техн. конф. студентов и молодых ученых – Томск: изд-во ТГАСУ, 2018. – С.286-288.
2. Герасимова, О.О. Проблемы профилактики и государственного надзора за охраной труда в России / О.О. Герасимова, С.А. Карауш, Е.А. Герасимова // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: материалы VII Международной научно-практической конференции, 14-16 марта 2017 г.: Ч.1, Томск: Изд-во ТГАСУ, 2017. – С. 241 – 246.
3. Герасимова, Е.А. Контроль и минимизация рисков нанотехнологий / Е.А. Герасимова, О.О. Герасимова // Избранные доклады 63-й универ.научно-техн. конф. студ. и молодых ученых – Томск: изд-во ТГАСУ, 2017. – С.240-242.
4. Карауш, С.А. Эффективность государственного надзора за охраной труда в России / С.А. Карауш, О.О. Герасимова // Безопасность и охрана труда. – 2018. – № 2 (75). – С. 16-18.
5. Карауш, С.А. Анализ эффективности работы государственной инспекции труда в Сибирском Федеральном округе / С.А. Карауш, О.О. Герасимова, Е.А. Герасимова // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития: материалы 5-й междунар. науч.-практ. онлайн-конф., 12–13 апр. 2018 – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – С. 192-196.

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕ КРУТИЛЬНЫХ И ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН

О.Н. Поболь¹, д.т.н., проф., Г.И. Фирсов², с.н.с.

¹Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва

101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4, тел. (495) 624-00-72

E-mail: firsovgi@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются процессы возбуждения и излучения виброакустической энергии в паре плоский приводной ремень – блокочек веретена в крутильных и прядильных машинах с тангенциальным приводом веретен. Показано, что шум трения есть следствие изгибных колебаний участка поверхности ремня, находящегося в контакте с блокочком веретена. Эксперименты подтвердили воз-

возможность использования акустической модели монополюсного излучателя. Показано, что в связи со значительно большей шумностью применение ремней с неровной наружной поверхностью в производственных условиях нецелесообразно.

Abstract: The processes of excitation and emission of vibroacoustic energy in a pair of flat drive belt - spindle block in twisting and spinning machines with tangential drive spindles are considered. It is shown that friction noise is a consequence of bending vibrations of a portion of the belt surface that is in contact with the spindle block. Experiments have confirmed the possibility of using the acoustic model of a monopole radiator. It is shown that in connection with much greater noise, the use of belts with an uneven outer surface is inappropriate under production conditions.

Ключевые слова: прядильная машина, плоскоремennая передача, шум, автоколебания при трении

Key words: spinning machine, flat-time transmission, noise, friction self-oscillations

Современное состояние теории моделирования процессов возбуждения, распространения и излучения акустической энергии в машинах позволяет наметить пути решения задачи оптимального проектирования машин по критерию минимальной виброакустической активности [1, 2]. В настоящей статье в развитие работ [3, 4] разрабатывается модель звукоизлучения характерного источника шума трения на частотах выше 1000 Гц пары блочок веретена - приводной ремень как элемента крутильных и прядильных машин с тангенциальным приводом веретен. Веретено приводится во вращение достаточно жестким плоским приводным ремнем, охватывающим блочок в пределах угла, равного 10-15°, движущимся со скоростью до 50 м/с. Две рабочие ветви ремня, расположенного вдоль машины между приводным и натяжным шкивами, обеспечивает вращение нескольких десятков веретен или камер на каждой из сторон машины. В результате проскальзывания ремня относительно блочка система привода работает с постоянным скольжением ϵ в пределах 3-5% и возникает высокочастотный шум трения в зоне контакта между блочком веретена и ремнем. Интенсивный высокочастотный шум возникает в зонах контакта ремня с блочками как следствие нелинейных релаксационных колебаний контактных участков ремня и излучается этими участками по всей его длине. Релаксационные колебания ремня в контакте с блочком возникают в результате его срыва на границе областей покоя и упругого скольжения и вызываются возникающей при этом пилообразной нагрузкой с пологим нарастанием и резким спадом.

Известно, что основным фактором, влияющим на высокочастотный шум трения привода, является скорость ременной передачи (при удвоении скорости шум возрастает на 7-8 дБ), в то время как натяжение ремня практического влияния на шум не оказывает. С увеличением ширины ремня уровень шума возрастает. Исходя из условий возникновения шума трения в паре ремень - блочок веретена, особенностей конструкций этих элементов и результатов экспериментальных исследований можно с определенностью полагать, что шум трения в данном случае есть следствие автоколебаний на собственных частотах участка поверхности ремня, находящегося в контакте с блочком веретена.

Природа шума трения хорошо известна - это фрикционные автоколебания, обусловленные зависимостью коэффициента трения от скорости скольжения v_0 в паре трения [5, 6, 7]. Автоколебания могут рассматриваться как свободные с отрицательным затуханием, играющим роль возбуждающей силы, которые в системе с одной степенью свободы в общем случае описываются уравнением

$$M\ddot{x} - [C_1 - C_2\psi(\kappa)]\dot{x} + Kx = 0, \quad (1)$$

где M - приведенная масса колеблющегося элемента, кг; C_1 и $C_2\psi(\kappa)$ - коэффициенты отрицательного затухания и внутреннего демпфирования, Нс/м; $\psi(\kappa)$ - функция относительной деформации элемента ($\kappa = x/x_0$); K - приведенная жесткость элемента, Н/м.

Значения коэффициентов отрицательного затухания и внутреннего демпфирования определяются выражениями $C_1 = \Delta F_{\text{тр}} / v_0 = \Delta\mu F_n / v_0$, $C = \omega\eta M$, где $\Delta F_{\text{тр}}$ - изменение силы трения, вызванное изменением коэффициента трения на величину $\Delta\mu$ при изменении скорости скольжения на величину Δv_0 ; F_n - сила нормального давления на поверхности трения, Н; η - коэффициент потерь элемента при частоте колебаний ω .

Значение функции $\psi(\kappa)$ при малых деформациях можно принимать равным $\psi(\kappa) = 1 + q\kappa^{0.5} \approx 1$, где $q = \text{const}$.

Для случая нелинейных релаксационных колебаний, вызванных срывом элемента ремня на границе углов покоя и скольжения в контактной зоне с приводным блочком, уравнение (1) должно быть преобразовано. В соответствии с моделью Ван-дер-Поля в работе [7], анализирующей сколь-

жение с постоянной скоростью v_0 подпружиненного груза массы M (при жесткости пружины K). где релаксационные колебания возникают при срыве груза из состояния покоя относительно движущегося со скоростью v_0 ремня и связаны с разницей коэффициентов трения покоя μ_n и скольжения μ (при этом $\mu_n > \mu$), уравнение (1) имеет вид

$$M\ddot{x} + \varphi(\dot{x} - v_0) + Kx = 0. \quad (2)$$

Срыв происходит при достижении деформации упругой связи значения $x_k = \tilde{x} + v_0 t / 2$.

Аналитическое решение уравнения (2) в общем виде весьма сложно, однако найден ряд частных решений для периода τ и амплитуды x_0 релаксационных колебаний при различных упрощающих допущениях [7]:

при условии ступенчатого изменения силы трения F_{mp} между величинами трения покоя и скольжения

$$\left. \begin{aligned} \tau &= 2(x_k - \tilde{x}) / v_0 + \pi \sqrt{M / K} + 2(x_k - \tilde{x}) / v_0 \cos \sqrt{K / M} \\ x_0 &= \sqrt{(x_k - \tilde{x})^2 + (K v_0 / M)^2} \end{aligned} \right\}; \quad (3)$$

при линейной зависимости силы трения от скорости скольжения

$$\left. \begin{aligned} \tau &= 2\Delta F_{tp} / K v_0 - \pi / \sqrt{K / M} \\ x_0 &= \frac{\Delta F_{tp}}{K} (1 - \cos \sqrt{K / M} \tau) + (v_0 \tau - \frac{v_0}{\sqrt{K / M}} \sin \sqrt{K / M} \tau) \end{aligned} \right\}; \quad (4)$$

в более общей постановке при экспоненциальной зависимости силы трения от скорости скольжения

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{\Delta F_{tp}}{K v_0} + \frac{2\pi - \sqrt{4\pi\vartheta}}{\sqrt{K / M}} \\ x_0 &= \frac{\Delta F_{tp}}{2K} \left[2 + \frac{v_0}{v_k} (\sqrt{\pi / \vartheta} - 2) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где $x_k = \mu_n g M / K$ - максимальная деформация упругой связи, м; \tilde{x} - деформация связи в среднем положении колеблющегося груза, м; v_0 - скорость ремня, м/с; K - жесткость связи, Н/м; M - масса груза, кг; ϑ - относительная деформация упругой связи при релаксационных колебаниях.

В соответствии с принципом подобия и с учетом соотношения величин жесткости и массы колеблющегося элемента ремня в зоне контакта с приводным блочком из уравнений (3)-(5), где для ремня тангенциального привода величинами всех слагаемых (кроме первых) ввиду их относительной малости можно пренебречь, период и амплитуда A релаксационных колебаний элемента ремня в зоне контакта найдутся равными τ

$$\left. \begin{aligned} \tau &\approx B / v_0 \\ A &\approx D \Delta F_{mp} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где B и D - постоянные коэффициенты, зависящие от конструктивных и динамических характеристик привода.

Выполненный анализ позволяет разработать акустические модели излучателей шума трения на машинах.

Каждый из контактных участков ремня можно считать точечным монополярным излучателем. Максимальное значение уровней шума при пилообразном возбуждении релаксационных колебаний в соответствии и с уравнением (6) наблюдается на частотах, пропорциональных скорости ремня $v_p f_{\max} = 1/\tau = v_p/B$, где B - постоянный параметр конструктивных и динамических характеристик привода с тангенциальным ремнем, м.

Интересующий нас процесс происходит в контакте между ремнем и блочком на границе зон покоя и упругого скольжения, где срыв контакта сопровождается резким увеличением угла скольже-

ния α_c на величину $\Delta\alpha$, а период колебаний определяется временем зарядки упругой системы, равным времени прохождения отрезка $\Delta\alpha r_\delta$ (r_δ – радиус блочка) со средней скоростью упругого скольжения ремня v_0 . Значение параметра B найдено по принципу подобия при известных соотношениях для ременных передач [8]

$$T_1/T_2 = e^{\mu\alpha_c} = 1 + \mu\alpha_c; T_1 + T_2 = 2T_0; T_1 = T_0 + F_0/2; T_2 = T_0 - F_0/2;$$

$$T_1 - T_2 = F_0; \alpha_c = F_0/\mu T_2; M = T_0 d \frac{e^{\mu\alpha_c} - 1}{e^{\mu\alpha_c} + 1} \approx T_0 d \mu\alpha_c/2,$$

где T_1, T_2, T_0 - соответственно силы натяжения ведущей, ведомой ветви и предварительного натяжения, Н; F_0 - рабочее окружное усилие, Н; M - вращающий момент на блочке, Нм; α_c - угол упругого скольжения, рад; μ - коэффициент трения скольжения между ремнем и блочком веретена, d – диаметр блочка.

Для плоского приводного ремня с площадью поперечного сечения S_p и модулем упругости E , при радиусе блочка r_δ , окружном усилии F_0 , среднем значении угла упругого скольжения α_c и его динамическом перепаде $\Delta\alpha$, оно составляет $B = 4S_p E r_\delta \Delta\alpha^2 / \alpha_c F_0$. Для современных типовых тангенциальных приводов этот параметр равен $B = (4 - 8) \times 10^{-3}$ м.

Мощность звукоизлучения контактного участка определяется зависимостью $P_p = \rho c S_p \sigma_p G(f) / |Z|^2$, где $S_p = 2ab$ - площадь излучающего шум трения участка ремня ширины b , м²; σ_p - коэффициент излучения, $G(f) = |F(f)|^2$ - энергетический спектр сил возбуждения F , Дж/Гц; F_0 - сила возбуждения релаксационных колебаний, пропорциональная окружному усилию $F_0 = N_e / \omega_0 r_\delta$ на блочке радиуса r_δ при потребляемой механической мощности веретена $N_e = N_0 \omega_0^2$ на угловой скорости веретена ω_0 , Н; Z - механическое сопротивление колеблющегося участка ремня площади S_p , изгибной жесткости B погонной массы m из материала с коэффициентом потерь η , Нс/м. В работе [9] найдено значение $|Z|^2 = 8\eta\omega S_p m \sqrt{Bm}$.

С учетом изложенного и считая на частотах $f \leq f_{\max}$ энергетический спектр $G(f) = \text{const}$ можно записать для мощности излучения в полосе частот Δf этого частотного диапазона уравнение

$$P_p(\Delta f) = C \Delta f \sigma_p (N_0 \omega_0 / r_\delta)^2 / \eta \omega_p m \sqrt{Bm}, \quad (7)$$

где C - постоянная для рассматриваемого типа привода.

В соответствии с уравнением (7) влияние линейной скорости ремня $v_p = \omega_0 r_\delta = (\pi n_0 / 30) r_\delta$ на максимальный уровень шума (для полосы частот в области частоты f_{\max}) выражается зависимостью $L_{\max} = L_{\max 1} + (25 \div 30) \lg(n_0 / n_{01})$, где $L_{\max 1}$ - максимальный уровень шума в спектре при базовой частоте вращения веретена n_{01} , дБ.

Общий шум прядильной и крутильной машин с тангенциальным приводом веретен есть сумма мощностей излучения станины машины и фрикционного шума ремня тангенциального привода, складывающегося из излучения отдельных некогерентных монополей - участков ремня в зоне скольжения относительно блочков веретен. Мощность звукоизлучения в октавных полосах одного источника шума ремня $P_{\text{тр}} = \rho c S \bar{v}_e^2 = \rho c S \sigma F^2 Y$, где $\bar{v}_e = FY$ - эффективная виброскорость элемента излучения; F - нагрузка, возбуждающая вибрацию, приложенная к элементу; Y - входная проводимость элемента в точке приложения нагрузки.

При анализе шумоизлучения при трении ремня изгибно колеблющийся участок ремня, находящийся в контакте с блочком веретена, можно рассматривать как пластину, находящуюся под действием поперечной полигармонической силы F , основная частотная составляющая которой соответствует частоте f_0 пробегания по ремню нагрузки в зоне трения $f_0 = v_0 / l$, где v_0 - линейная скорость ремня, l - длина дуги контакта между ремнем и блочком.

Общая нагрузка F складывается из суммы силы трения и силы прижатия ремня в зоне скольжения и равна $F = F_{\text{тр}} / \text{tg}\beta$, где β - угол трения.

Для определения величины мощности звукоизлучения воспользуемся энергетическим подходом, считая акустическую мощность источника излучения пренебрежимо малой в сравнении с мощностью диссипативных потерь W_d :

$$P_{тр} \ll W_d = \eta \omega S m \bar{v}_e^2. \quad (8)$$

Здесь η - коэффициент потерь источника; S , m - площадь его поверхности и удельная (погонная) масса. Из равенства мощности диссипативных потерь колебательной мощности W_{in} , введенной в элемент и определяемой выражением $W_{in} = |F(f)|^2 \operatorname{Re} Y(f)$, где $\operatorname{Re} Y(f)$ - действительная часть входной проводимости элемента, $F(f)$ - нагрузка, можно найти эффективную виброскорость \bar{v}_e .

Считая плотность форм собственных колебаний источника постоянной, для действительной части входной проводимости источника в высокочастотном диапазоне можно принять $\operatorname{Re} Y(f) \approx (\eta \omega M_v)^{-1}$, где M_v - модальная масса источника.

Из условия равенства мощностей W_{in} и W_d получим $\bar{v}_e^2 = |F(f)|^2 \omega^2 \eta^2 M M_v$, где M - масса участка ремня на длине дуги контакта l с блочком веретена. $M_v = 0,5 M$. Подстановка этого значения в уравнение (8) позволяет получить для мощности звукоизлучения отдельного участка трения на ремне выражение

$$P_{тр} = \rho c S \sigma \frac{2|F(f)|^2}{\eta^2 \omega^2 M^2} = \rho c S \sigma \frac{2F_{тр}^2 \operatorname{tg}^2 \beta}{\eta^2 \omega^2 M^2}.$$

Значение основной частотной составляющей $F(f_0)$ от пробегающей по ремню нагрузки с частотой $f_0 = v_0/l$ составит $F(f_0) = 2 M_{тр}/d \operatorname{tg} \beta = 2 M_{сопр}/d \operatorname{tg} \beta$, где d - диаметр блока, $M_{тр} = M_{сопр}$ - момент трения, равный моменту сопротивления при вращении веретена с катушкой.

Известно, что для веретен с катушками мощность сил сопротивления на малых и средних частотах вращения, т.е. на типовых рабочих режимах прядильных и крутильных машин, определяется аэродинамическим сопротивлением вращению катушки $W_{сопр} = C_1 \omega^2$. Тогда $M_{сопр} = M_{тр} = C_1 \omega$.

Таким образом, для ремня с гладкой рабочей поверхностью типа АСТ сила возбуждения $F(f_0) = 2 M_{сопр}/d \operatorname{tg} \beta = 2 C_1 \omega'/d \operatorname{tg} \beta$, где C_1 - константа, зависящая от размеров катушки на шпинделе веретена; ω' - круговая частота вращения веретена.

Для ремней с неровной рабочей поверхностью при проскальзывании ремня относительно блока неровности вызовут дополнительные вибрационные перемещения контактирующего участка ремня, основная гармоническая составляющая виброскорости которых будет на частоте f_0 $v(f_0) = a \omega \sin \omega t = 2\pi f_0 a \sin 2\pi f_0 t$, т.е. амплитудное значение составит $v_0(f_0) = 2\pi v_p a/l$, где a - эффективная высота неровностей, выявляющихся при прокатывании по поверхности ремня блока веретена диаметром d .

Таким образом, мощность излучения отдельного участка ремня в общем случае будет равна сумме мощностей колебаний от силы трения $P_{тр}$ и колебаний, вызванных неровностями на поверхности ремня $P_{нер}$:

$$P = P_{тр} + P_{нер} = \rho c S \sigma (2C_1 \omega / (d \operatorname{tg} \beta))^2 (M \omega \eta)^{-2} + \rho c S \sigma 2\pi^2 v_p^2 a^2 / l^2. \quad (9)$$

Как видно из полученного уравнения, первое слагаемое, определяющее шум трения, в первом приближении можно считать пропорциональным квадрату частоты, поскольку входную податливость ремня можно считать в средней рабочей области 2-7 кГц частотно независимой ($v_p \sim \omega$, $\eta \omega \approx \text{const}$).

Для гладких эластичных ремней увеличение мощности звукоизлучения при увеличении скорости ремня с v_{p1} до v_{p2} , составляет

$$\Delta L = 20 \lg(v_{p1} / v_{p2}). \quad (10)$$

При небольших в сравнении с данной излучаемой волной размерах элемента-излучателя (ширина ремня в пределах 30-60 мм) и сложном характере колебаний в рассматриваемых полосах частот - октавных и терцоктавных, реальной акустической моделью излучателя шума трения в случае плоского ремня является монополь (пульсирующая сфера) - коэффициент акустического излучения σ_M , характеризующий интенсивность излучателя через его отношение к интенсивности поршневых колебаний пластины с той же поверхностью S и эффективной амплитудой, для которого определяется в данном случае зависимостью следующего вида:

$$\sigma_M = \frac{(kR)^2}{1 + (kR)^2} = \frac{2\pi f^2 bl / c^2}{1 + 2\pi f^2 bl / c^2}, \quad (11)$$

где $k = \omega/c$ - волновое число; $R = \sqrt{S/4\pi}$ - приведенный радиус излучателя (в данном случае $R = \sqrt{2bl/4\pi}$); b - ширина ремня; l - длина дуги контакта ремня с блочком веретена; ω - угловая частота ($\omega = 2\pi$); c - скорость звука.

В целях проверки соответствия предполагаемой акустической модели реальному источнику шума трения было выполнено экспериментальное исследование звукоизлучения пары трения плоский ремень-блочок веретена крутильной машины на стенде с заглушенным приводом.

Исследование шума трения плоского приводного ремня выполнено на тканых капроновых, хлопчатобумажных прорезиненных ремнях и приводных ремнях для тангенциального привода веретен типа АСТ шириной 20-40 мм при линейной скорости ремней 19-56 м/с и частотах вращения веретена типа ВН-30 6-18 тыс. об/мин (при диаметре блока $d = 30$ мм).

В эксперименте определялась диаграмма направленности излучения, уровни звукового давления на расстоянии 0,5 м и звуковая мощность по методике, описанной в работах [10 - 12]. Установлено, что максимум шума трения тангенциального привода веретен лежит в диапазоне 2-15 кГц. В отличие от спектров шума колец прядильных машин, рассмотренных в работе [3], с постоянством максимумов на частотной оси спектры шума трения тангенциальных ремней имеют максимумы, положение которых смещается пропорционально линейной скорости v_p движения (скольжения) ремня. Характер их не меняется даже при заторможенном блочке веретена и целиком определяется скоростью ремня v_p , будучи практически независимым от материала ремня и силы его натяжения T , т.е. силы прижима P_k к блочку веретена. Так, при трехкратном изменении величины T интенсивность излучения меняется в пределах 1 дБ. Положение основного максимума в спектре высокочастотного шума ремня соответствует частоте $f_2 = v_p/l$, где l - длина линии контакта ремня с блочком веретена. Для условий эксперимента величина $l = 5$ мм, что позволяет найти значения частот f_1, f_2, f_3 . Два других максимума с частотами $f_1 = 0,5f_2$ и $f_3 = 2f_2$ смещаются по частотной оси одновременно с f_2 при увеличении или уменьшении скорости ремня.

Акустическая модель излучателя - отрезка ремня, находящегося в зоне контакта с блочком веретена, устанавливалась при исследовании направленности излучения и зависимости интенсивности шума от размеров излучателя - ширины ремня. Были построены диаграммы направленности излучения ремня типа АСТ при линейной скорости 37,5 м/с ($n_{вер} = 12000$ об/мин) в терцоктавных полосах частот 4000 и 8000 Гц, из которых следует, что характер излучения близок к монопольному (отклонение от средних значений не превосходит 2,5 дБ).

В экспериментах на прядильных и крутильных машинах с тангенциальным приводом веретен и камер спектры высокочастотного шума в основном совпадают с обобщенным теоретическим, за исключением наклона спектрограммы на частотах $f < f_{max}$ где экспериментальные спектры имеют обычно меньший наклон, иногда и отрицательный, поскольку в этом частотном диапазоне на шум трения ременного привода накладывается излучение структурного шума станины машины.

Оценить уменьшение интенсивности излучения при уменьшении ширины ремня от 40 до 20 мм при длине линии контакта l можно по формуле $\Delta L = 10 \lg(\sigma_1 S_1 / \sigma_2 S_2)$, где $S = bl$ - площадь контактной поверхности ремня; σ - коэффициент излучения. Подставив в это выражение значение коэффициента излучения монополя (11), получим расчетную зависимость для определения влияния ширины ремня

b на интенсивность излучения $\Delta L = 10 \lg \frac{b_1^2 (1 + 2\pi f^2 b_2 l / c^2)}{b_2^2 (1 + 2\pi f^2 b_1 l / c^2)}$, где b_1, b_2 - ширина ремня в 1-м и 2-м

случае; l - длина дуги контакта между ремнем и блочком веретена.

Расчеты для основного частотного диапазона 2-10 кГц при изменении ширины ремня от $b_1 = 40$ мм до $b_2 = 20$ мм при длине контактной линии $l = 5$ мм дали среднее значение $\Delta L = 4$ дБ, которое и получено в эксперименте.

Таким образом, можно считать, что излучающий шум трения участок ремня является излучателем-монополюсом. С увеличением линейной скорости ремня v_p интенсивность шума возрастет, однако в различной степени для разных типов ремней. Для ремней с выраженной структурой рабочей поверхности (капронового тканного, хлопчатобумажного прорезиненного) уровни шума выше, чем для ремней с гладкой эластичной поверхностью типа АСТ. С увеличением линейной скорости уровни шума возрастают в более сложной зависимости от скорости, чем это имеет место для колец прядильных машин [2].

При увеличении линейной скорости v_p ремня типа АСТ с ровной наружной поверхностью от 19 до $37,5 \text{ мс}^{-1}$, т.е. в 2 раза, изменение уровня шума на основной частоте $f_0 = v_p/l$ ($l = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м), т.е. соответственно 3,6 и 7,2 кГц, составило 7 дБ, в то время как ожидаемое по формуле (10) - 6 дБ.

Второе слагаемое в формуле (9) пропорционально квадрату скорости ремня $v_p = 0,5 \omega d(1 + \varepsilon)$ (где ε - относительное скольжение ремня по блочку веретена) и пропорционально квадрату поверхностных неровностей структуры ремня 10-50 мкм с шагом, примерно равным дуге скольжения на ремне, что обеспечивает уровень звуковой мощности слагаемом до 90-100 дБ.

Исследования на реальных приводных ремнях показали, что для ремней с неровной наружной поверхностью второе слагаемое на порядок превосходит первое. В связи со значительно большей шумностью (на 10 дБ и более) применение ремней с неровной наружной поверхностью в производственных условиях нецелесообразно.

Из анализа выражения (9) следует, что зависимость звуковой мощности на первой гармонике для ремня с гладкой поверхностью пропорциональна ω_0^2 (20 дБ/дек.), а для ремня с неровной наружной поверхностью пропорциональна ω_0^4 (40 дБ/дек.). Звуковая мощность на второй гармонике, определяемая в основном коэффициентом излучения, в обоих случаях пропорциональна ω_0^2 (20 дБ/дек.).

Используя полученные зависимости звуковой мощности шума трения ремня от конструктивных и скоростных параметров можно легко определить октавные уровни звуковой мощности этих источников при выполнении расчетов по предложенной акустической модели. При этом суммарная мощность звукоизлучения источников шума трения на машине найдется как сумма m некогерентных монополей по формуле $P_{\text{тр}}^{\Sigma} = mP_{\text{тр}}$, или $L_{P_{\text{тр}}}^{\Sigma} = L_{P_{\text{тр}}} + 10 \lg m$, где $P_{\text{тр}}$ - мощность трения одного источника, $L_{P_{\text{тр}}}$ - октавные или терцоктавные уровни звуковой мощности.

Таким образом, на основе полученной акустической модели такого элемента крутильной (прядильной) машины, как ремня, с учетом результатов [3] открываются пути проектного расчета акустических характеристик крутильных и прядильных машин.

Список литературы:

1. Поболь О.Н., Сулов Г.В., Фирсов Г.И. Проблемы акустического проектирования и конструктивно-технологические методы снижения акустической активности машин текстильной и легкой промышленности // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - С.157-162.
2. Поболь О.Н., Статников И.Н., Фирсов Г.И. Некоторые проблемы эволюционного проектирования динамических систем машин по эколого-акустическим критериям производства // Инновационные технологии в машиностроении. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 399-403.
3. Поболь О.Н., Сулов Г.В., Фирсов Г.И. Исследование источников акустического излучения в прядильных машинах // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. - С.95-99.
4. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Исследование и моделирование процессов возбуждения виброакустических колебаний в кулачковых механизмах ткацких станков // Актуальные проблемы науки. Выпуск XIII. – Пенза: Издательство ПГУ, 2018. – С.253-259.
5. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. – М.: Наука, 1981. – 568 с.
6. Ланда П.С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. - М.: Либроком, 2010. - 320 с.
7. Крагельский И.В., Гитис Н.В. Фрикционные автоколебания. – М.: Наука, 1987. – 181 с.

8. Вирабов Р.В. Тяговые свойства фрикционных передач. – М.: Машиностроение, 1982. – 263 с.
9. DeWoody R.T. Use of Statistical Energy Analysis in Chips // Fourth International Congress on Sound and Vibration (St.Petersburg, 24-27 June 1996): Proceedings / Ed. by M.J.Crocker and N.I.Ivanov. Vol. 1. - St.Petersburg: 1996. - P. 223 - 226.
10. Поболь О.Н. Шум в текстильной промышленности и методы его снижения. – М.; Легпромбытиздат, 1987. – 144 с.
11. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы и методы оценки шумовых характеристик машин в цеховых условиях // Актуальные проблемы современного машиностроения. Международная научно-практическая конференция. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 427-432.
12. Поболь О.Н., Суслов Г.В., Фирсов Г.И. Проблемы технического нормирования шумовых характеристик текстильных машин // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - С.169-174.

**ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ 112:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Д.В. Мамайсур, магистр, И.А. Литвинова, к.т.н., доцент
Кемеровский государственный университет
650000, г. Кемерово, ул Красная, 6, тел. (3842) 39-68-32
E-mail: inga.litvinova.77@mail.ru*

Аннотация: Рассмотрены вопросы создания, развития и взаимодействия в системе 112. Приведена обобщенная схема архитектуры системы 112. Проанализирована актуальность внедрения системы -112 на территории РФ. Рассмотрена возможность оценки эффективности функционирования систем данного вида.

Abstract: The issues of creation, development and interaction in the system 112. The generalized scheme of the system 112. The relevance of the implementation of the system -112 on the territory of Russia is analyzed. The possibility of evaluating the efficiency of functioning of systems of this type is considered.

Ключевые слова: Алгоритм, система 112, базы данных, чрезвычайные ситуаций.

Keyword: Algorithm, system 112, database, emergency.

Система-112 предназначена для приема и обработки вызовов от населения по каналам проводной и беспроводной связи, а также в виде СМС-сообщений, поступающих в единые дежурно–диспетчерские службы, и передачи в соответствующие экстренные оперативные службы для оказания оперативной помощи жителям региона. После введения системы в эксплуатацию появится возможность сразу же передавать полную информацию о происшествии всем необходимым оперативным службам.

В основу алгоритма создания, эксплуатации и развития при проектировании системы 112 субъектами Российской Федерации легли два документа - указ Президента РФ от 13.11.2012 №1522 «О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций» и постановление Правительства РФ от 13.05.2017 №410 «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов».

Для оказания содействия субъектам Российской Федерации при создании системы 112 для реализации федеральной целевой программы "Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру "112" в Российской Федерации на 2013-2017 годы", Минкомсвязь России разрабатывала системные проекты для 10 регионов России. Создание системы-112 в основном завершено и до конца 2018 года запустят во всех регионах России: в 50 субъектах Российской Федерации система-112 развернута в полном объеме; в оставшихся 35 субъектах Российской Федерации создание системы-112 завершается, при этом базовая инфраструктура системы-112 в них, в основном уже создана [1]. Развитие и совершенствование системы-112 будет продолжаться и после 2018 года. В целях реализации комплекса мер, направленных на завершение и организацию эксплуатации и развитие системы-112 Правительственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной

безопасности [2-4], был утвержден План мероприятий по развитию и дальнейшему совершенствованию системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру "112" в Российской Федерации на 2018-2022 годы.

Минкомсвязь России направило в Кемеровскую область разрешение на использование единого номера вызова экстренных оперативных служб 112. В октябре 2017 года в течение трех месяцев «Система-112» на территории областного центра Кемеровской области система работала в тестовом эксплуатационном режиме. «Ростелеком» реализует государственный проект «Система-112», обеспечивает готовность собственной инфраструктуры к использованию номеров экстренных оперативных служб, возможность вызова 112 на территории Кемерово.

«Система-112» представляет собой комплекс информационных систем, который обеспечивает круглосуточный прием вызовов, необходимых для реагирования экстренных оперативных служб. При этом сохраняется возможность вызовов экстренных служб по номерам 01, 02, 03, 04 или 101, 102, 103, 104 [5].

«Ростелеком» на территории Кемеровской области осуществил работы по сопряжению «Системы-112» с системой «ЭРА-ГЛОНАСС», тем самым обеспечил взаимодействие Системы-112 с информационными системами дежурно-диспетчерских служб. Действующим законодательством предусмотрена обязанность этих организаций обеспечить полноценную интеграцию с Системой-112, в том числе оснащение комплексами средств автоматизации и обучение персонала.

Проблемным вопросом ближайших лет может оказаться рост количества сообщений, передаваемых в Систему-112 со стороны «ЭРА-ГЛОНАСС», которая обязана передать соответствующую информацию в систему-112. Геолокация позволяет определить местонахождение звонившего, что позволит более точно и быстро обработать любой звонок поступивший в том числе с мобильного телефона и даже, при отключении мобильного телефона, специалисты смогут прийти на помощь благодаря системе навигации.

Абоненты после набора единого номера 112 сразу попадают в центр обработки вызовов. Оператор заполняет со слов очевидца или пострадавшего специальную карточку, отправляет информацию в то подразделение, в котором окажут помощь в каждом конкретном случае, при внедрённой системе время реагирования в среднем 8-10 минут, но оно должно в некоторых случаях не превышать 8 секунд, что касается крупных чрезвычайных ситуаций. Информационная карточка вызова находится в базе данных Системы-112 и доступна всем, кто привлеченным к реагированию, имеет возможность корректировки своей специфической части информационной карточки. Базы данных - выполненные в виде реляционных таблиц, связанных между собой и вспомогательных объектов БД, функционируют под управлением СУБД Oracle, MySQL и СУБД PostgreSQL входят в состав информационного обеспечения [6] Системы-112. В базе данных хранятся словари, справочники, информация об обращениях, чрезвычайных ситуациях, ход реагирования на происшествия, данные полученные из других систем мониторинга. Подсистема мониторинга хранит данные об объектах и типах происшествия (сообщения). Геоинформационная подсистема хранит данные в виде информации о картографических объектах, базы данных ГИС, тем самым обеспечивает целостность и доступность пользователю геоинформационным данным и реализуется в соответствующем сервисе. Благодаря системе геолокации любой звонок в Систему-112 позволит определить местонахождение звонящего для более точной и быстрой обработки вызова. В регионе появится единая база данных о результатах реагирования на обращения граждан, поступающая информация о происшествиях будет соответствующим образом анализироваться. Схема Системы-112 на основе модели взаимодействия, обработки и хранения данных представлена на рис 1.

С внедрением Системы-112 в центр обработки вызовов звонки чаще всего поступают и требуют реагирования медиков, спасателей и полицейских. Но поступают также и звонки, не требующие оперативного реагирования: часто граждане просто обращаются за консультацией. Основные проблемы, это взаимодействие информационных систем экстренных оперативных служб с Системой-112, защиту информации, а также подготовки высококвалифицированных кадров. Кроме того, прорабатывается вопрос о поиске по координатам тех, кто обратился за помощью в «112». Для воплощения этой функции запланировано создание единого мобильного приложения, на сегодняшний день оно запущено и работает на территории Московской области. Оно не только позволит

реализовать функцию определения места нахождения по спутниковым координатам, но и отправлять текстовые и аудиосообщения в центры обработки вызовов Системы-112.

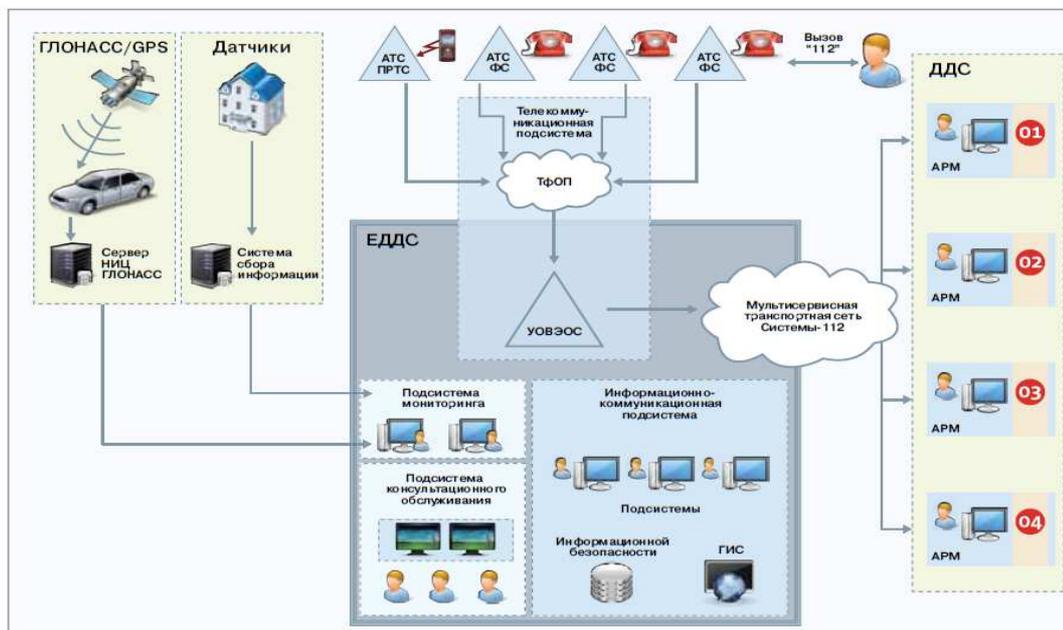


Рис. 1. Обобщенная структурная схема Системы-112

С внедрением Системы-112 в центр обработки вызовов звонки чаще всего поступают и требуют реагирования медиков, спасателей и полицейских. Но поступают также и звонки, не требующие оперативного реагирования: часто граждане просто обращаются за консультацией. Основные проблемы, это взаимодействие информационных систем экстренных оперативных служб с Системой-112, защиту информации, а также подготовки высококвалифицированных кадров. Кроме того, прорабатывается вопрос о поиске по координатам тех, кто обратился за помощью в «112». Для воплощения этой функции запланировано создание единого мобильного приложения, на сегодняшний день оно запущено и работает на территории Московской области. Оно не только позволит реализовать функцию определения места нахождения по спутниковым координатам, но и отправлять текстовые и аудиосообщения в центры обработки вызовов Системы-112.

В Системе-112 реализуются и используются функции управления силами и средствами экстренных оперативных служб, интеграция с системами мониторинга и видеонаблюдения, цифровыми и аналоговыми радиосетями, а также функции статистического анализа и моделирования происшествий, в том числе в реальном масштабе времени с использованием геоинформационных технологий, технологий ГЛОНАСС и дистанционного зондирования Земли.

Система-112 является масштабным проектом на территории Российской Федерации, в обеспечении её работы задействовано несколько межведомственных структур. Система создается с применением современных технологий в области телекоммуникации и постоянно совершенствуется, внедряются новые сервисы для обработки вызовов и оказания экстренной помощи. Совершенствованию системы определяется ее высокой социальной значимостью. В настоящее время на передний план выдвигается задача поиска и реализации оптимальных моделей организационно-правовых решений для завершения создания и дальнейшего развития Системы-112.

Список литературы:

1. Сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://digital.gov.ru> (дата обращения: 15.03.2019).
2. Кроль, А.Н. Организация защиты населения и территорий республики Алтай в чрезвычайных ситуациях / Кроль А.Н., Бесперстов Д.А., Попова Е.А.// Пищевые инновации в биотехнологии:

сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Кемерово, 2018. - С. 329-330.

3. Кроль, А.Н. Развитие пожарной охраны в России и Кузбассе. / Кроль А.Н., Ефремова Я.О.В // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции. – Кемерово, 2016. -С. 667-669.
4. Анализ математических моделей развития опасных факторов пожара в системе зданий и сооружений России / А.С.Ярош, М.Н.Чалаташвили, А.Н. Кроль, Е.А. Попова, В.В. Романова, А.В. Сачков. // ВЕСТНИК Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - Кемерово, 2019. -№ 1.- С50-56.
5. Совершенствование технического обеспечения Операторов «Системы - 112», как путь повышения безопасности и защищенности населения России / А.Н. Кроль, О.А. Сергеев, В.В. Романова, Е.А. Попова, Р.В. Котляров // ВЕСТНИК Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - Кемерово, 2019. -№ 1.- С99-102.
6. Баканов, М.В Базы данных. Системы управления базами данных: учебное пособие / М. В. Баканов, В. В. Романова, Т. П. Крюкова. -Кемерово: Изд-во Кемеровского техн. ин-та, 2010. -166 с.

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

М.В. Запевалов¹, д-р техн. наук, доцент, Н.С. Сергеев¹, д-р техн. наук, профессор, Г.В. Редреев², канд. техн. наук, доцент, Ю.Б. Четыркин³, канд. техн. наук, доцент, С.М. Запевалов¹, соискатель
¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет

² Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

³ Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет) 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75 Тел. 8(351)-266-65-78. E-mail: weerwg@mail.ru

Аннотация: целью исследования является повышение эффективности технологий утилизации птичьего помета. Достижение данной цели предполагает проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию технологических линий для производства топливных брикетов и органо-минерального удобрения. Разработана и обоснована технологическая схема комплекса по переработке помета. Производительность комплекса при влажности помета 65–70 % составляет около 5 т/ч. В результате утилизации помета по данной технологии предприятие получает энергетический, агрохимический и экологический эффекты.

Abstract: the aim of the research is to improve the efficiency of technologies for recycling poultry manure. The achievement of this goal involves research and development work on the creation of technological lines for the production of fuel briquettes and organic fertilizer. The technological scheme of the manure processing complex has been developed and substantiated. The capacity of the complex with a litter moisture content of 65–70% is about 5 t/h. As a result of the utilization of manure through this technology, the company receives energy, agro-chemical and environmental effects.

Ключевые слова: утилизации, птичий помет, технологические линии, экологический эффект.

Keywords: recycling, poultry manure, technological lines, environmental effect.

Любое производство сопровождается выходом отходов. При этом, чем выше культура производства, тем больше уделяется внимания процессам утилизации. Под утилизацией следует понимать переработку отходов в новый, востребованный продукт. Сельское хозяйство является одним из основных производителей органических отходов, к числу которых относятся пожнивные остатки сельскохозяйственных культур, навоз животных, помет птицы и т.п. Челябинская область входит в тройку лидеров в РФ по производству яйца и мяса птицы. В результате модернизации существующих птицефабрик и ввода в производство новых происходит ежегодный прирост поголовья птицы. Однако вместе с этим увеличивается и выход птичьего помета, годовой объем которого приближается к 1,5 млн. тонн. При клеточном содержании птицы влажность помета находится в пределах 65–70 % и относится к третьему классу опасных веществ, поэтому требует особого подхода к его утилизации [1–2]. В настоящее время культура производства яйца и мяса на птицефабриках очень высокая, вместе с тем в большинстве случаев технология утилизации помета не отвечает современным экологическим и экономическим требованиям. Зачастую в помехохранилищах скапливается сотни тысяч тонн опасного вещества, нанося вред окружающей среде. При использовании такого помета в качестве удобрения, имеющего невысокое количество питательных веществ, при транспортировке на большие расстояния затраты на применение

не окупаются прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур. Необходимо, чтобы это удобрение имело низкую стоимость, высокое содержание питательных веществ, длительный период действия и применять его можно было существующей системой машин [3-4].

Настоящее исследование направлено на повышение эффективности процессов утилизации птичьего помета. Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Проведены опытно-конструкторские работы и создана технологическая линия по производству топливных брикетов и органоминерального удобрения.
2. Отработан технологический процесс переработки помета для широкого внедрения в производство.

Современный уровень развития сельского хозяйства, как в России, так и за рубежом, требует новых направлений по созданию безотходного производства с высоким санитарно-ветеринарным уровнем [5]. Для последующего применения растительных остатков, навоза животных и птичьего помета, с целью сохранения в них основных питательных веществ, улучшения физических и химических свойств, применяют доступные для предприятия приемы переработки. Все известные приемы переработки можно подразделить на четыре отдельных метода: биологический, физический, химический и смешанный. Перечисленные методы содержат 15 способов. Каждый из способов может осуществляться 2-3 различными технологиями. Таким образом, в настоящее время известно более тридцати различных технологий переработки отходов животноводства и птицеводства (Рисунок 1).

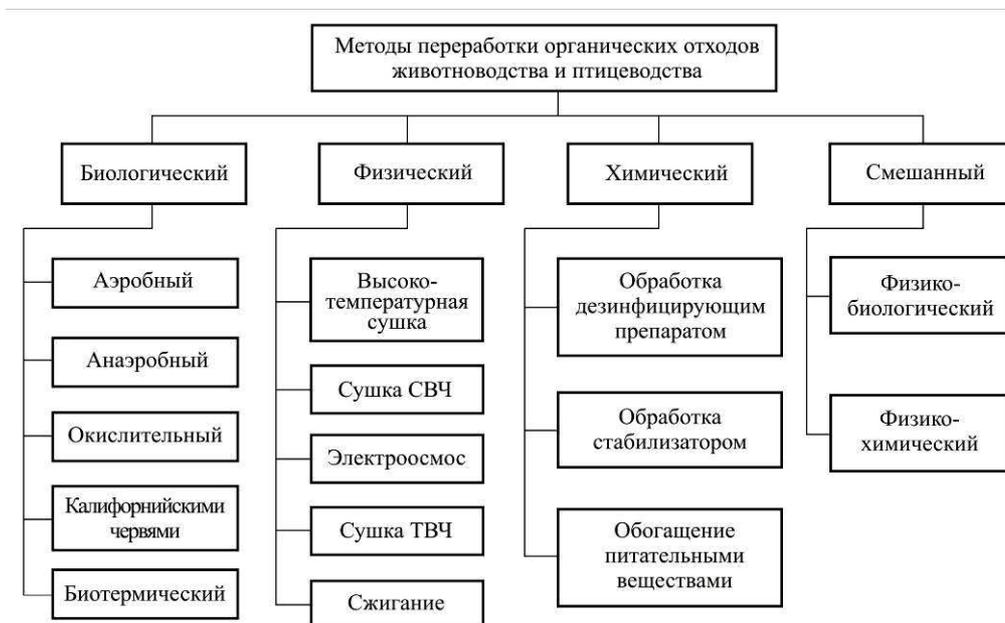


Рис. 1. Методы переработки органических отходов

Наибольшее количество технологий переработки органических отходов основаны на биологическом методе. Более глубокое понимание факторов, воздействующих на процессы при промышленных способах биологической переработки, позволяют учитывать технологические особенности выбора и соблюдения оптимальных режимов и параметров работы оборудования.

Одним из рациональных методов переработки органических отходов является физический, который основывается на изменении физико-механических свойств, в частности, на удалении влаги [6]. Для этого применяются разнообразные способы сушки. Наибольшее внимания заслуживает высокотемпературная сушка. Сушка производится в сушилках барабанного типа при температуре 800-9000С. При термической обработке навоза или помета происходит его обезвоживание до влажности 12-14%, обеззараживание от патогенных бактерий, вирусов, яиц гельминтов, освобождение от всхожих семян сорняков, пуха и перьев. В результате получается сухое вещество с содержанием основных питательных элементов (NPK), которое можно использовать в качестве органического удобрения.

Для решения проблем по утилизации птичьего помета и обеспечения производителей растениеводческой продукции эффективными удобрениями в Южно-Уральском ГАУ разработана техно-

логия переработки птичьего помета с производством комплексного органоминерального удобрения и топливных брикетов. Схема технологической линии комплекса по переработке бесподстилочного птичьего помета производительностью 5,0 т/ч представлена на Рисунке 2.

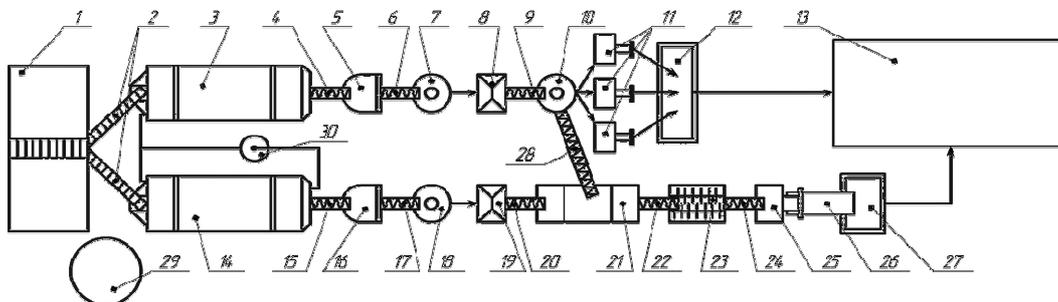


Рис. 2. Схема технологической линии комплекса по утилизации птичьего помета

- 1 – приемно-накопительная станция; 2 – скребковый транспортер (ТСН);
3 – реактор для сушки помета; 4, 6, 9, 15, 17, 20, 22, 24, 28 – транспортеры;
5, 16 – охлаждающая колонка; 7, 10, 18 – накопительная емкость;
8, 19 – измельчитель центробежно-роторный; 11 – брикетер;
12 – упаковочный стол брикетов; 13 – склад; 14 – реактор для газификации помета;
21 – дозатор; 23 – смеситель; 25 – гранулятор; 26 – ленточный транспортер;
27 – упаковочный стол гранул; 29 – емкость для воды; 30 – газгольдер

Комплекс состоит из приемно-накопительной станции, предназначенной для приема помета, поступающего от птичников, и дозированной подачи его на дальнейшую переработку, емкости для сбора жидкости, образуемой при высушивании помета, технологической линии по производству топливных брикетов и линии по производству органоминерального удобрения. Все технологическое оборудование увязано в единый технологический процесс.

При удалении помета из птичников его загружают в самосвалы, доставляют к комплексу по переработке, и перегружают в приемно-накопительную станцию. Из приемно-накопительной станции 3,0 т/ч помета подают на сушку и 2,0 т/ч на газификацию. При высушивании помета получается около 1200 кг/ч сухого помета влажностью до 15 %. Высушенный помет охлаждают, измельчают и подают в накопительную емкость. Часть сухого измельченного помета подают на приготовление органоминерального удобрения, а остальную часть – на приготовление топливных брикетов. Полученные топливные брикеты упаковывают и отправляют в склад. В результате пиролиза помета образуется горючий газ, часть из которого используют для поддержания собственного процесса пиролиза, а остальную часть подают в реактор для сушки помета. В результате пиролиза образуется около 160 кг/ч золы, которую охлаждают, измельчают и подают на смешивание с сухим пометом. Полученная органоминеральная смесь содержит 25 % сухого помета и 75 % золы. Из смеси формируют гранулы, которые расфасовывают и отправляют в склад.

Предлагаемая технология переработки помета на первой стадии предусматривает удаление из него влаги методом высушивания. Это происходит в результате совокупности термических и массообменных процессов протекающих как у поверхности, так и внутри влажного помета, способствующих его обезвоживанию с 70-75% до 14-15%. Птичий помет относится к пастообразному дисперсному материалу, поэтому его целесообразно сушить конвективным или контактным способами. Скорость процесса сушки помета газообразным агентом зависит от интенсивности внешнего и внутреннего тепло- и массообмена, так как от этого зависит количество влаги, подведенной к поверхности испарения.

Количество влаги, которую требуется испарить из помета определяется как:

$$Q_{wnc} = Q_{псвт} \cdot (W_{и} - W_{с}) / 100 - W_{с} \quad (1)$$

где Q_{wnc} - количество влаги, испаряемой в сутки, тонн;

$Q_{псвт}$ - количество помета, перерабатываемого сушилкой в сутки, тонн.

W_H - исходная влажность помета, %

W_C - влажность высушенного помета, %

Процесс сушки бесподстилочного помета очень энергоемкий и включает в себя нагревание материала и испарение влаги. Расход тепла на испарение 1 кг влаги определяется исходя из теплосодержания и влагосодержания воздуха:

$$q_{ИСП} = \frac{I_{ВВЫХ} - I_{ВВХ}}{d_{ВВЫХ} - d_{ВВХ}}, \text{ ккал/кг} \quad (2)$$

где $q_{ИСП}$ - количество тепла на испарение влаги, ккал/кг;

$I_{ВВЫХ}$ - теплосодержание воздуха при выходе из сушилки, ккал/кг ($I_{ВВЫХ}=230$ ккал/кг);

$I_{ВВХ}$ - теплосодержание воздуха перед нагревом в сушилке, ккал/кг ($I_{ВВХ}=10,25$ ккал/кг);

$d_{ВВХ}$ - влагосодержание воздуха перед нагревом в сушилке, кг/кг ($d_{ВВХ}=0,01$ кг/кг);

$d_{ВВЫХ}$ - влагосодержание воздуха на выходе из сушилки, кг/кг ($d_{ВВЫХ}=0,308$ кг/кг).

С учетом данных по тепло- и влагосодержанию воздуха перед нагревом в сушилке и нагретого, количество тепла, необходимого для испарения 1 кг влаги, составляет около 716 ккал/кг.

Потребное количество тепла на нагрев 1 кг испаренной влаги определяется как:

$$q_{НАГ} = G_{СП} \cdot \frac{100 - W_H}{W_H - W_C} (T_{ПС} - T_{ПВ}) - G_B \cdot T_B, \text{ ккал/кг} \quad (3)$$

где $G_{СП}$ - теплоемкость сухого птичьего помета, ккал/кг. град ($G_{СП} = 0,42$ ккал/кг. град);

$T_{ПС}$ - температура помета сухого, град;

$T_{ПВ}$ - температура помета влажного, град;

G_B - теплоемкость воды, ккал/кг. $^{\circ}$ С (1 ккал/кг. $^{\circ}$ С);

T_B - температура воды, $^{\circ}$ С.

Так как перед подачей помета на сушку в приемно-накопительной станции предусматривается его предварительный подогрев, в связи с этим, температура влажного помета поступающего в сушильный барабан будет составлять около 30 $^{\circ}$ С, а температура сухого помета при выходе из сушилки 120 $^{\circ}$ С. Количество тепла на нагрев 1 кг испаренной влаги составляет около 2,5 ккал/кг. При КПД сушилки 95%, полный расход тепла на испарение 1 кг влаги из помета составит около 764,0 ккал/кг. Общий часовой расход тепла составит 1619680 ккал/ч.

Количество сжигаемого топлива (природного газа) для получения данного количества тепла для сушки помета определяется по формуле:

$$G_{ГАЗ} = \frac{q_{ч}}{g_{ГАЗ}}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

где $G_{ГАЗ}$ - количество сжигаемого газа при сушке помета, м 3 /ч;

$q_{ч}$ - часовой расход тепла, ккал/ч;

$g_{ГАЗ}$ - теплота сгорания газа ккал/м 3 .

При теплоте сгорания газа порядка 8040 ккал/м 3 , его расход составит 201,4 м 3 /ч
Требуемый объем сушильного барабана определяется как:

$$V_{\text{БАР}} = \frac{Q_{\text{ВЛЧ}}}{A}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

где $Q_{\text{ВЛЧ}}$ - количество влаги испаренной в час, кг/ч;

A - напряжение барабана по испаряемой влаге, кг(м³/ч).

При напряжении барабана по испаряемой влаге 80кг(м³/ч, объем сушилки должен составлять не менее 26,5 м³. Приняв диаметр барабана 1,5м, его длина должна составлять около 12 метров.

С учетом данных исследований, был изготовлен опытный образец сушилки, который прошел производственные испытания (рис.3) [7].



Рис. 3. Опытный образец сушилки

Предлагаемая технология переработки помета позволяет перерабатывать до 5,0 т/ч влажного помета, при этом производить около 0,7 МВт/ч тепловой энергии, 1150 кг/ч топливных брикетов и 210 кг/ч органо-минерального удобрения. В результате смешивания сухого птичьего помета, при содержании в нем 8,4 % питательных веществ, с золой, при содержании в ней 41,3 % питательных веществ, получают комплексное органо-минеральное удобрение, которое содержит около 320 кг действующего вещества. Полученное органо-минеральное удобрение по количеству питательных веществ сопоставимо с минеральными туками [8–9].

При переработке 120 тонн в сутки помета влажностью 65–70 % годовое производство органо-минерального удобрения составит около 1500 тонн и топливных брикетов около 8000 тонн. Выручка от реализации данной продукции составит около 31,5 млн. рублей. При сумме прямых затрат 11,5 млн. рублей расчетный годовой экономический эффект от утилизации птичьего помета по предлагаемой технологии составляет около 20,0 млн. рублей. При стоимости комплекса 25,5 млн. рублей срок окупаемости составляет не более 1,5 года. При переработке птичьего помета предприятие получает следующие эффекты:

1. Энергетический эффект: производство топливных брикетов, по своим качествам превосходящих классические энергоресурсы (дрова, уголь и т.д.);
2. Агрохимический эффект: получение эффективного комплексного органо-минерального удобрения и восстановление естественного плодородия почвы;
3. Экономический эффект: получение прибыли от реализации удобрения и топливных брикетов. Диверсификация сельскохозяйственного производства. Снижение затрат на закупку минеральных удобрений для собственных нужд. Снижение затрат на обогрев хозяйственных помещений вследствие самообеспечения твердым топливом;
4. Экологический эффект: утилизация птичьего помета в потоке, без использования помехохранилища. Снижение загрязнения окружающей среды и пахотных земель;

5. Социальный эффект: создание новых рабочих мест. Увеличение привлекательности проживания в сельской местности и занятости сельского населения. Появление дополнительного источника доходов. Улучшение инфраструктуры сельской местности, повышение грамотности и коммуникаций населения с территориальными органами власти.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

1. Утилизируя опасное вещество, каким является помет, данным способом для птицефабрики решается экологическая проблема, налаживается производство востребованных и конкурентоспособных продуктов. При утилизации одной технологической линией 120 тонн в сутки помета влажностью 65–70 %, годовое производство тепловой энергии составит около 6000 МВт, топливных брикетов - 8000 тонн, органико-минерального удобрения - 1500 тонн, при реализации которых предприятие получает экономический эффект около 25 млн руб./год.
2. Производство органико-минерального удобрения позволяет решить проблему повышения плодородия почв. При цене органико-минерального удобрения 5,0 тыс. руб./т, содержащего 320,0 килограммов действующего вещества, его применение при возделывании сельскохозяйственных культур становится экономически выгодным.

Список литературы:

1. ГОСТ 31461–2012 Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 11 с.
2. Технологии и технические средства для переработки помета на птицефабриках: науч.-метод. Руководство / под общ. ред. В. И. Фисинина, В. П. Лысенко. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2011. – 296 с.
3. Запелалов М. В. Механизированные процессы превентивного ухода за растениями. Технологическое и техническое обеспечение применения органико-минерального удобрения и химической обработки семян. – Саарбрюккен: Lap Lambert Academic Publishing, 2011. – 88 с.
4. Говдя, В.В. Организационно-экономические проблемы повышения эффективности использования удобрений и средств защиты растений (На примере Краснодарского края): дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Говдя Виктор Виленович. – Краснодар, 2001. – 354 с.
5. Щёткин, Б.Н. Методология экологически безопасной переработки птичьего помета в органико-минеральные удобрения и создания устройств оценки качества их внесения в почву при возделывании сельскохозяйственных культур: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Щёткин Борис Николаевич. – Санкт-Петербург, 2004. – 350 с.
6. Малинов, Г.И. Повышение эффективности технологических линий утилизации отходов звероводства и птицеводства в сухие животные корма путем оптимизации их состава и совершенствования технических средств: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Малинов Геннадий Иванович. – Петрозаводск, 2003. – 342 с.
7. Запелалов М.В., Качурин В.В. Повышение эффективности переработки отходов, полученных при производстве продукции птицеводства / Теоретический и научно-практический журнал «Известия Оренбургского ГАУ» №3 (71) 2018, С.144-146.
8. Подколзин, А.И. Эволюция, воспроизводство плодородия почв и оптимизация применения удобрений в агроландшафтах Центрального Предкавказья: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Подколзин Анатолий Иванович. – Москва, 2008. - 379 с.
9. Дабахова, Е.В. Научное обоснование использования органических удобрений промышленного птицеводства в агроэкосистеме: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04, 03.00.16 / Дабахова Елена Владимировна. – Н. Новгород, 2005. – 409 с.

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПОЖАРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

Л.Г.Деменкова, ст. преп., Ш.Р. Джаборов, студ., А.П. Янгалов, студ.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,

тел. (384-51)-777-62, E-mail: lar-dem@mail.ru

Аннотация: в статье показано значение автоматизированных систем пожаротушения на базе пожарных роботов для защиты объектов с массовым пребыванием людей, рассмотрена их функцио-

нальная схема, проанализированы их достоинства, представлена нормативно-правовая база применения пожарных роботов.

Abstract: the article shows the importance of automated fire extinguishing systems based on fire robots for the protection of objects with mass stay of people, their functional scheme is considered, their advantages are analyzed, the regulatory framework for the use of fire robots is presented.

Ключевые слова: автоматизированные системы пожаротушения, пожарные роботы, защита объектов с массовым пребыванием людей.

Keyword: automated fire extinguishing systems, fire robots, protection of objects with mass stay of people.

Согласно Правилам противопожарного режима в РФ к объектам с массовым пребыванием людей относят объекты с возможностью одновременного нахождения не менее 50 чел. [1]. Эта характеристика относится к спортивным и торговым комплексам, кинотеатрам, вокзалам, школам, больницам и др. Основная проблема организации системы безопасности таких объектов заключается в отсутствии необходимого контроля и недостаточной готовности к осуществлению деятельности в условиях чрезвычайной ситуации. Примерами являются пожары в торгово-развлекательном центре «Зимняя вишня» в г. Кемерово 25 марта 2018 г., в ночном клубе «Хромая лошадь» в г. Пермь 5 декабря 2009 года. Крупные пожары на объектах с массовым пребыванием людей происходили и за рубежом: Лондон, 2017 г., здание Greenfell Tower; Одесса, 2014 г., Дом профсоюзов и др. [2]. Опыт применения существующих систем пожарной автоматики показал их низкую эффективность и зависимость от человеческого фактора (возможность отключения, несвоевременное профилактическое обслуживание и ремонт).

Наиболее широко применяются в настоящее время спринклерные системы, состоящие из оросительных головок с тепловыми замками. Появившись в Великобритании в 19 в., спринклеры находят своё применение до настоящего времени вследствие конструктивной простоты и относительной дешевизны. Однако спринклерные системы пожаротушения обладают рядом негативных качеств – высокой инерционностью, слабой управляемостью, протяжённостью. На их место должны прийти новые современные системы пожаротушения, одним из видов которых являются пожарные роботы.

Следует отметить, что в России уже имеется положительный опыт их применения, начиная с 1984 г. Например, в музее-заповеднике «Кижи» в Карелии для защиты памятников древнерусской деревянной архитектуры; ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, на крупнейших стадионах – «Лужники», «ГАЗПРОМ Арена», в выставочном комплексе «Крокус Экспо», «Экспо-центр», «Сокольники» и др. Разработанные российскими учёными пожарные роботы способны к решению проблем пожарной безопасности, в т.ч. на объектах с массовым пребыванием людей, являясь автоматическим средством пожаротушения. К их достоинствам относятся надёжность, объективность, оперативность, исключение человеческого фактора, направленное действие на очаг возгорания. Возможность использования пожарных роботов регламентируется НПБ 110-03 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» [3].

Современные пожарные роботизированные системы могут регистрировать возгорание, самотестироваться, имеется возможность удаленного доступа. Принципиальная схема их действия представлена на рисунке 1. Пожарный робот устанавливается на противопожарный трубопровод. Он представляет собой спринклер с возможностью управления и самонаведения на очаг пожара. С пожарным роботом через сетевой контроллер соединено дисплейное управляющее устройство. Управляющее устройство соединяется с приемником и адресными пожарными датчиками. В состав роботизированной системы пожаротушения включаются блок коммутации, позволяющий осуществить интеграцию с другими системами безопасности, а также прибор для регистрации неисправностей. Неисправности могут регистрироваться по удаленному доступу в сети Интернет в Центре управления кризисными ситуациями МЧС РФ или через радиоканал передаваться на мобильные телефоны сотрудников охраны. Таким образом, цифровой контроль позволяет исключить негативное влияние человеческого фактора и обеспечить высокую готовность системы к работе. К достоинствам пожарных роботов относятся:

- раннее и быстрое обнаружение очага пожара (время менее 20 с, площадь возгорания менее 0,1 м²);
- гарантия подавления возгорания;
- использование всего доступного объема вещества, обеспечивающего тушение;
- относительно низкая стоимость по сравнению со спринклерными установками.

Приведём небольшой расчёт: пусть требуется обеспечить противопожарную защиту помещения площадью 1000 м². Для этого потребуется примерно 100 спринклеров, соединённых трубами

длиной около 500 м, или два пожарных робота с адресной доставкой вещества, обеспечивающего тушение. Во втором случае затраты будут на 20 % меньше.

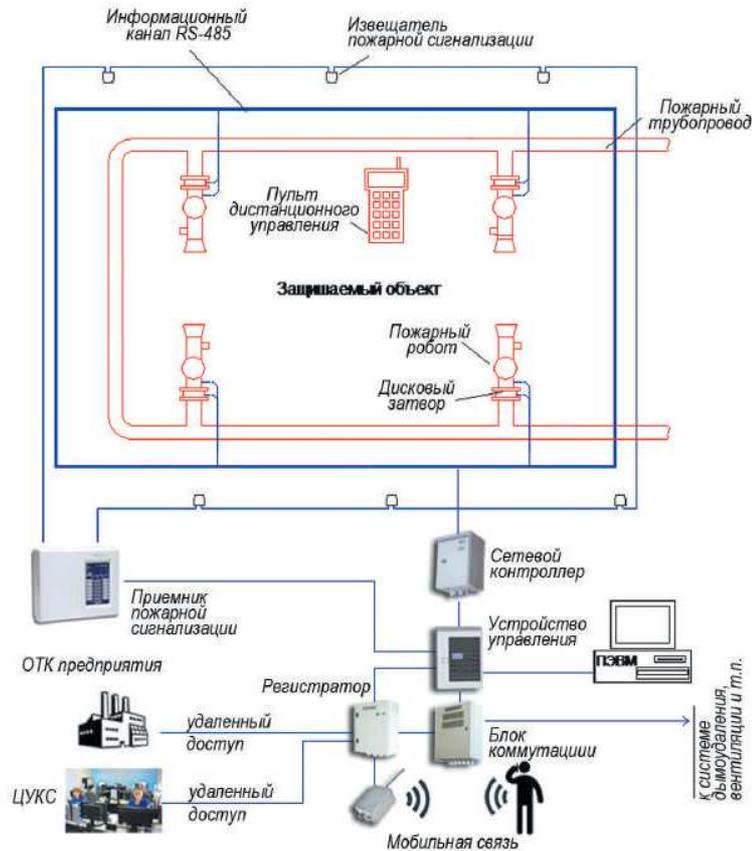


Рис. 1. Принципиальная схема роботизированной установки пожаротушения. Кроме уменьшения финансовых затрат, сравним функциональные возможности спринклерных и автоматизированных систем пожаротушения (рисунок 2).

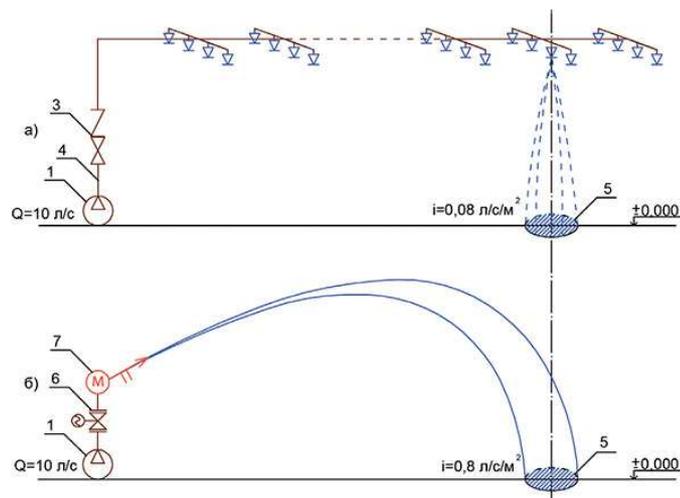


Рис. 2. Сравнение воздействия систем пожаротушения:
 а – спринклерная, б – роботизированная; 1 – источник воды, 2 – ороситель;
 3 – управляющее устройство, 4 – труба, 5 – очаг возгорания,
 6 – электрическая задвижка, 7 – пожарный робот

Примем согласно СП 5.13130.2009 интенсивность орошения защищаемой площади спринклером $0,08 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. Пожарный робот с таким же расходом огнетушащего вещества, работая в таких же условиях, может обеспечить превышение интенсивности орошения зоны защиты в 10 раз, что способствует подавлению возгорания на ранней стадии.

Роботизированные установки пожаротушения могут работать в двух режимах: автоматическом (пока на объект не прибыли пожарные) и дистанционном (управляться пожарными после их прибытия с рабочего места сотрудников охраны). В отличие от неуправляемых спринклеров, при использовании пожарных роботов в зависимости от ситуации на объекте можно выбрать роботы, которые необходимы для тушения в определённом месте, изменять форму струи. При прекращении горения происходит автоматическое завершение активной работы установки, которая продолжает работу в дежурном режиме. При повторном возгорании тушение пожара возобновляется. Подобный подход позволяет избежать негативного влияния избыточного применения огнетушащих жидкостей.



Рис. 3. Общий вид струи тонкораспылённой воды

Значительное развитие системы автоматического пожаротушения на основе пожарных роботов получили с появлением мини-роботов на базе принципа получения тонкораспылённой воды (рисунок 3). Эти установки могут быть удобно сопряжены с системами водоснабжения, имеют довольно простые сетевые схемы, сравнительно невысокую стоимость, экономичны по расходу воды, что особенно важно при ликвидации возгораний на историко-культурных объектах, где ущерб от пожаротушения иногда более значителен, чем воздействие огня. В настоящее время довольно широко применяются пожарные роботы с распылёнными струями (расход воды $10 \text{ л}/\text{с}$) и тонкораспылёнными струями (расход воды $4 \text{ л}/\text{с}$).

На первое полугодие 2019 г. в России на законодательном уровне закреплены нормативы, касающиеся роботизированных установок пожаротушения, определены ус-

ловия их применения для защиты объектов. Основными документами, регламентирующими применение пожарных роботов, являются:

- Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»;
- ГОСТ Р 53326-2009 «Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р 57052-2016 «Оборудование горно-шахтное. Автоматические установки пожаротушения (для подземных выработок). Общие технические требования и методы испытаний»;
- Ведомственные нормы пожарной безопасности ВНПБ 49-16 «Роботизированная установка пожаротушения. Нормы и правила проектирования».
- Пожарные роботы соответствуют современным требованиям к цифровым системам, способны интегрироваться в другие объектовые системы пожарной безопасности (дымоудаления, вентиляции и др.), работать через удалённый доступ из сети Интернет или мобильные устройства, напрямую управляться из Центра управления кризисными ситуациями МЧС РФ. Их характерной особенностью является высокая готовность, поддерживаемая за счёт цифровизации всех компонентов, а также многоуровневым цифровым контролем, полным исключением человеческого фактора, автоматическим тестированием системы. Система может работать в различных режимах: ручном, дистанционном, автоматическом. В современных условиях применения «умных вещей» пожарные роботы представляют собой smart product, имеющий значительные перспективы использования и потенциальные возможности к разрешению проблем пожарной безопасности в целом и в т.ч. на объектах массового пребывания людей.

Список литературы:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 года № 390 «О противопожарном режиме (с изменениями на 7 марта 2019 года)» [Электронный ресурс] / Консорциум «Кодекс»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902344800> (дата обращения: 20.03.2019).

2. Свазовский С.А. Крупнейшие пожары в мире за последние 10 лет: как это было [Электронный ресурс] / Федеральное агентство новостей РИА. – Режим доступа: <http://riafan.ru/1039629-krupneishie-pozhary-v-mire-za-poslednie-10-let-kak-eto-bylo> (дата обращения: 20.03.2019).
3. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 315 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» (НПБ 110-03)» [Электронный ресурс] / Система ГАРАНТ. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/186065/> (дата обращения: 10.03.2019).
4. Неплохов И.Г. Системы пожарной сигнализации для объектов с массовым пребыванием людей [Электронный ресурс] // Системы безопасности. – 2015. – № 1. – Режим доступа: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/sistemy-pozharnoy-signalizatsii-dlya-obektov-s-massovym-prebivanem-lyudey> (дата обращения: 01.04.2019).

ПЕННОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ: ОСОБЕННОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Л.Г.Деменкова, ст. преп., Ш.Р. Джаборов, студ., А.П. Янгалов, студ.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,
тел. (384-51)-777-62, E-mail: lar-dem@mail.ru*

Аннотация: в статье показаны преимущества систем пенного пожаротушения. Рассмотрены современные тенденции в пенном пожаротушении. Проанализированы недостатки пенного пожаротушения, обусловленные системой дозирования пенообразователя. Рассмотрены виды дозаторов и предложена электронная система дозирования «Спрут-СД».

Abstract: the article shows the advantages of foam fire extinguishing systems. Examined current trends in fire fighting foam. The disadvantages of foam fire extinguishing due to the dosing system of the foaming agent are analyzed. The types of dispensers are considered and the electronic dosing system «Sprut-CD» is proposed.

Ключевые слова: пенное пожаротушение, генераторы пены, кратность пены, дозаторы пены, электронная система дозирования.

Keyword: foam fire fighting, foam generators, foam multiplicity, foam dispensers, electronic dosing system.

Под пенным пожаротушением понимают способ ликвидации очага возгорания с использованием пены, который применяется на различных промышленных объектах, в т.ч. нефтехранилищах, складах, авто-транспортных и химических предприятиях и др. Преимуществами пенного пожаротушения являются:

- сокращение расходов воды;
- точное и быстрое тушение больших по площади возгораний;
- возможность использования для тушения органических веществ;
- высокая смачивающая способность по сравнению с водой, что позволяет тушить пористые и гигроскопичные вещества;
- высокая поверхностная активность, обуславливающая быстрое распространение по поверхности горения.

Впервые пены стали использоваться для гашения пламени в 1902 г. русским учёным А.Г. Лораном. К современным тенденциям в пенном пожаротушении относят:

- применение автоматических систем. Установлено, что в 9 случаях из 10 автоматические системы пенного пожаротушения ликвидируют возгорание в среднем за 0,5 мин [1]. Кроме того, пена предотвращает доступ O₂ в очаг пожара, что минимизирует возможность вторичного воспламенения. К тому же автоматизация пожаротушения позволяет устранить негативное влияние человеческого фактора;
- использование пен улучшенного состава. Например, в установках, производимых ООО «Дафо» (г. Санкт-Петербург), применяют смесь марки «Форрекс», обладающий высокой эффективностью, антикоррозийными свойствами, широкими пределами использования (от минус 50 до плюс 50°С), нетоксичностью (эвакуация людей не требуется), длительностью хранения без потери свойств [2]. В пены вводят полимерные добавки, увеличивающие её стойкость, а также усовершенствуют конструкцию генераторов пены;
- разработка инновационных тактик пенного пожаротушения, в т.ч. для герметичных помещений с возможностью взрыва и др.

Установка пенного пожаротушения состоит из следующих компонентов: источник водоснабжения, дозатор пены, генератор пены, система подачи воздуха, распределительная сеть с клапанами

и насадками. При определённых условиях – наличии дыма, высокой температуре – происходит автоматическое включение пожаротушения с целью ликвидации возгорания.

Основной характеристикой пен является кратность K – отношение объёма образующейся пены к объёму жидкости, использованной для её приготовления. Измерение кратности пен позволяет классифицировать их на следующие виды: пеноэмульсии (кратность меньше трёх), пены с низкой кратностью (кратность меньше 20), среднекратные (кратность менее 200), высокократные (более 200) [3]. Механизм образования пены показан на рисунке 1.

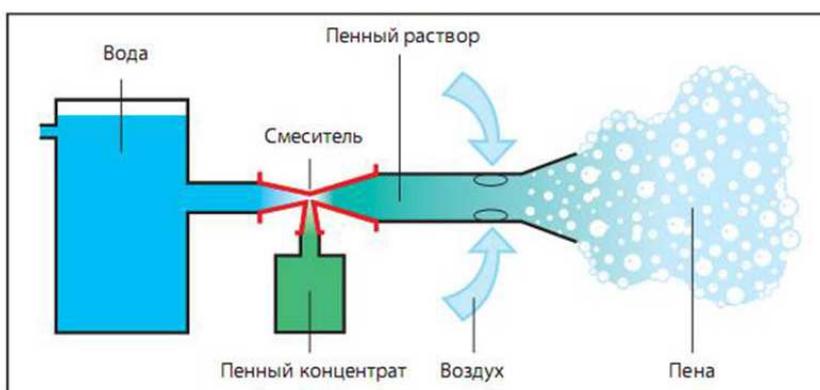


Рис. 1. Механизм образования пены

Учитывая несомненные достоинства систем пенного пожаротушения, отметим и их недостатки, которые довольно часто связаны с образованием пены нужной кратности и проявляются в работе системы дозирования пенообразователя. В современных условиях производители систем пенного пожаротушения предлагают дозаторы, основанные на различных физических принципах. Рассмотрим некоторые из них с целью выбора оптимально соответствующего требованиям (таблица 1).

Анализ данных, приведённых в таблице 1, позволяет прийти к выводу, что кратность пены фиксирована и создаётся за счёт разновидностей механического способа. Это вызывает значительные потери (до 40 %) давления на выходе, что в свою очередь, ведёт к возрастанию мощности насоса на трубопроводе. Кроме того, в рассмотренных системах затруднителен контроль параметров системы.

Таблица 1

Характеристики дозаторов

Вид дозатора	Принцип действия	Достоинства	Недостатки
Эжекционный	Пенообразователь втягивается в воду за счёт вакуума	Конструктивная простота, невысокая стоимость	Потери давления на выходе из дозатора
Турбодозаторы	При протекании воды турбина вращается, ось включает работу объемного насоса, который отбирает пенообразователь и подаёт его под давлением в трубопровод	Широкий диапазон концентраций растворов, возможность применения на пожаро- и взрывоопасных объектах (отсутствует электропривод)	Потери давления на выходе из дозатора
Пропорциональные (с баком-дозатором)	Вода заполняет бак, создается давление, пенообразователь из эластичной емкости поступает в дозирующее устройство и смешивается с водой	Возможность получения пены и хранения пенообразователя	Порча пенообразователя, потери за счет сужения дозатора

Рассмотрев имеющиеся на рынке средств пожаротушения системы дозирования, предлагаем использовать свободную от перечисленных недостатков электронную систему дозирования «Спрут-СД» (производитель – ООО «Плазма-Т», г. Москва) [4]. Конструктивно прибор состоит из насосной установки (насосы-дозаторы, расходомеры, работающие на принципе электромагнитной индукции, шкаф автоматизации). Принцип действия: вода протекает через основную магистраль, контролируется расходомером,

данные передаются шкафу автоматизации. Шкаф через частотный преобразователь воздействует на насос-дозатор, который обеспечивает впрыск пенообразователя под давлением, обеспечивающим нужную кратность. Работа насоса-дозатора контролируется электромагнитным расходомером, который расположен на его линии нагнетения. Достоинства системы «Спрут-СД» являются:

- широкий диапазон кратностей получаемого пенного раствора;
- точность при дозировании, достигаемая посредством контроля расхода воды и электронным управлением дозатором;
- высокая эффективность вследствие частотного регулирования работы насоса, отсутствия потерь энергии за счёт конструктивных особенностей (нет сужений трубопровода, отсутствуют устройства, работающие от энергии воды), что не влечёт установки более мощного насоса на магистрале и увеличения диаметра трубопровода;
- возможность одновременного получения пенного раствора и хранения пенообразователя с контролем уровня, а также автоматическим перемешиванием согласно п. 5.9.23 СП 5.13130.2009 [5];
- автоматизация контроля на всех уровнях организации системы дозирования, передача сигнала через удалённый доступ дежурному диспетчеру.

Система имеет простой, интуитивно понятный интерфейс, на экране дисплея отображаются основные параметры системы, которые соответственно передаются на удаленный пост диспетчера (рисунок 2).



Рис. 2. Общий вид дисплея системы электронного дозирования «Спрут-СД»

Широкий диапазон получаемых кратностей пены обусловлен применением электронных методов смешения пенообразователя с водой. Дозирование может быть осуществлено в линейную, тупиковую и кольцевую магистральную системы, возможно объединение нескольких систем дозирования с единой диспетчеризацией через удаленный доступ. Расходомер характеризуется довольно высокой точностью дозирования (10 %). Следовательно, электронная система дозирования «Спрут-СД» является высокоэффективным, надёжным комплексным решением, полностью соответствующим современным технико-технологическим требованиям и нормативам в сфере пожарной безопасности.

Пенное пожаротушение в настоящее время является одним из самых применяемых способов ликвидации пожаров, в некоторых отраслях промышленности – единственным из возможных. Вследствие этого состав пен и методы их применения постоянно обновляются. Разрабатываются новые автоматизированные системы пожаротушения и их компоненты, поэтому для выбора необходимого оборудования следует проанализировать все достоинства и недостатки предлагаемых на рынке систем пожарной безопасности.

Список литературы:

1. А.Б. Харинов, В.Е. Ерошкин. Некоторые аспекты пенного пожаротушения [Электронный ресурс] / Pozhproekt.ru. – Режим доступа: <http://pzhproekt.ru/articles/nekotorye-aspekty-pennogo-rozharotusheniya> (дата обращения 10.03.2019).
2. Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение. – М.: Пожнаука, 2015. – 335 с.
3. Терещев В.В., Смирнов В.А., Семенов А.О. Пожаротушение (справочник). – Екатеринбург: «Калан», 2014. – 472 с.

4. Спрут-СД Система дозирования пенообразователя [Электронный ресурс] / ПЛАЗМА-Т: производитель противопожарных систем. – Режим доступа: <http://plazma-t.ru/pozharotusheniye/sistema-dozirovaniya-penoobrazovatelya-sprut-sd/> (дата обращения 11.03.2019).
5. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] / Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения 02.03.2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОГОДЖИНСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Т.А. Кожухарь, к. г.-м.н., доц.

*Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, г. Томск, пл. Соляная 2, тел. (3822)-652824*

E-mail: igg@tsuab.ru

Аннотация: В статье рассмотрены особенности организации мониторинга геологической среды при разработке открытым способом угольных месторождений, техногенные воздействия на окружающую среду и принципы организации целевой комплексной программы мониторинга геологической среды.

Abstract: The article describes the features of the organization of monitoring of the geological environment in the development of open-pit coal deposits, technogenic effects on the environment and the principles of the organization of the target integrated monitoring program of the geological environment.

Ключевые слова: месторождение, открытая разработка, геологическая среда, компоненты геологической среды, техногенные воздействия, программа наблюдений, пункты наблюдений.

Keyword: mine, quarry, geological environment, geological components of the environment, anthropogenic impact, program observations, the monitoring stations.

Огоджинское угольное месторождение располагается в пределах Гербигано-Огоджинской угленосной провинции, которая находится в Хабаровском крае Амурской области и является наиболее перспективным для разработки открытым способом [1].

Угленосная площадь представляет собой Гербигано-Огоджинский приразломный прогиб на стыке Буреинского массива и Тунурунгра-Джагдинской складчатой области. Южное обрамление прогиба сложено гранитоидами позднепалеозойского возраста, северное – метаморфическими породами верхнего протерозоя. Прогиб выполнен нижнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями. Осадочные горные породы Огоджинской свиты выходят на поверхность в краевой части прогиба в пределах узкой (1-8 км) полосы, протяженностью которой составляет около 120 км.

Осадочные горные породы, которые залегают моноклинально, осложнены постседиментационной разрывной и пликативной тектоникой. Все тектонические нарушения имеют взбросово-сбросовый характер, амплитуда вертикального перемещения составляет от первых метров до 80-120 м. Пликативная тектоника проявилась в виде волнообразных складок по простиранию и складок облекания вокруг крупных интрузивных тел.

Угленосными являются осадочные породы Огоджинской свиты (нижний мел), залегающие на позднепротерозойском фундаменте и вмещающие до 20 пластов каменного угля, мощностью до 56 метров.

Сравнительно небольшая глубина и относительно пологое залегание угольных пластов позволяет вести разработку месторождения наиболее эффективным открытым способом. Одновременно геологические условия являются довольно сложными, к этому следует добавить распространение на территории многолетней мерзлоты. Мощность мерзлотного слоя может достигать 100 метров, в результате на площади развиты такие криогенные процессы как пучение грунтов, растрескивание, термокарстовые озера, западины, просадки, наледи.

Вместе с этим, следует отметить особенности рельефа, климата, гидрогеологические условия, широкий спектр состава и физико-механических свойств пород, слагающих борта будущих карьеров.

Таким образом, при разработке Огоджинского угольного месторождения открытым способом возникает целый комплекс проблем, среди которых на первое место выступает обеспечение нормального функционирования природно-технической системы и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных нарушением устойчивости бортов карьеров. Для решения

данной проблемы нами были проведены комплексные инженерно-геологические и геоэкологические исследования на территории Огоджинского месторождения. Проведенные исследования позволили установить, что в геологическом отношении месторождение характеризуется развитием пяти стратиграфо-генетических комплексов и более четырнадцати литологических типов пород, отличающихся, как по условиям образования, так и по характеру прочности структурных связей.

Постдиагенетические преобразования горных пород, вмещающих угольные месторождения, отражаются как на физико-механических свойствах самих пород, так и на степени метаморфизма углей.

Проведенные микроскопические исследования 30 шлифов, отобранных по пяти скважинам позволили определить количественный состав терригенных пород и установить их принадлежность к граувакковым разностям с колебанием компонентов в следующих пределах: обломки пород- 64-80%, полевые шпаты- 5-10%, кварц –10-26%. Текстура пород слабо выраженная слоистая, образована невыдержанными по простиранию маломощными слойками разной зернистости. Главное отличие пород заключается в составе литокластического обломочного материала. В частности, в скважине № 550 обломки горных пород представлены, в основном, кристаллическими сланцами и кварцитами, в то время как в скважине № 495 преобладают обломки силицилитов (кремни, яшмы). Кроме того, отмечается повышенная роль терригенного биотита в составе пород скважины № 550.

Вторичные текстурные изменения песчаников фиксируются наличием межзернового кливажа, по субпараллельному расположению хлорит-мусковитовых пакетов, огибающих терригенный материал.

В основу выделения инженерно- геологических классов пород положены характер и тип структурных связей. По этому признаку породы месторождения делятся на породы с жесткими и без жестких структурных связей. Породы без жестких структурных связей обладают наименьшей устойчивостью в бортах карьеров. Среди нижнемеловых отложений наименее устойчивыми окажутся аргиллиты, углестые породы и угли, увлажнение которых подземными или поверхностными водами в откосах может привести к существенному изменению их состояния и снижению прочностных свойств.

Исследованиями обоснованы количественные методы оценки устойчивости проектируемых бортов карьеров, с учетом установленных закономерностей инженерно-геологического строения месторождения [1].

Выполненные расчеты показали, что генеральный угол наклона борта карьера при коэффициенте запаса 1,3 и условии предварительного осушения карьера должен составлять 32° при глубине 81 м, 30° и 29° при глубинах 136 м и 191 м соответственно.

Сравнительно небольшая глубина и относительно пологое залегание угольных пластов позволяют вести разработку месторождения наиболее эффективным открытым способом. Однако, при открытой разработке месторождения в результате изъятия из геологической среды полезного ископаемого будут оказываться техногенные воздействия на все компоненты окружающей среды: уничтожение древесной и кустарниковой растительности; поступление в окружающую среду загрязняющих веществ (при проведении вскрышных работ, пыления отвалов и терриконов, пыль от взрывов в карьере); изменение физических полей (гравитационного, электрического, магнитного, температурного); изменение радиационного и сейсмического фона; шумовые воздействия и воздействия от ударной волны [3].

В результате добычи полезного ископаемого будут происходить техногенные изменения во всех компонентах окружающей и геологической среды. В горных породах произойдет изменение физико-механических свойств и их химического состава, увеличится трещиноватость, нарушатся структурные связи, изменится напряженное состояние пород в массиве, изменится температурный режим, естественное электрическое, гравитационное и магнитное поля, влажностной режим горных пород и их фильтрационные свойства.

Исключительно сложные проблемы геоэкологического плана возникнут при разработке месторождения на участках развития многолетней мерзлоты. Поэтому в процессе эксплуатации угольного месторождения потребуются разработка, организация и внедрение геоэкологического мониторинга за следующими компонентами природно-технической системы:

- напряженно-деформированным состоянием грунтовых массивов;
- устойчивостью откосов;
- вертикальными и горизонтальными перемещениями породных комплексов;
- мерзлотными процессами и явлениями;
- изменением ландшафта местности.

Наблюдения за природными и техногенными изменениями геологической среды, которые происходят в процессе разработки угольных месторождений открытым способом, должны носить режимный, стационарный характер.

В целевую комплексную программу геоэкологического мониторинга должны включаться наблюдения за техногенными и природными изменениями геологической среды, происходящими в результате тех экзогенных и эндогенных геологических процессов, характеристическое время которых сопоставимо с периодом жизни природно-технической системы [4]. Также в задачу мониторинга, помимо наблюдений должна входить оценка и прогноз состояния геологической среды и управление природно-технической системой.

Поэтому целевая комплексная программа геоэкологического мониторинга Огоджинского угольного месторождения должна основываться на следующих научно-методических обоснованиях:

- обоснование площади изучения, включающее всю зону ожидаемого техногенного воздействия на компоненты геологической среды разрабатываемого месторождения;
- обоснование и выбор системы геомониторинга, которая должна основываться на анализе и выявлении всех компонентов геологической среды, на которые будут оказываться техногенные воздействия и прогнозировании изменений геологической среды;
- обоснование расположения наблюдательной среды;
- обоснование периода и режима наблюдений за каждым компонентом геологической среды или конкретным экзогенным геологическим процессом.

При разработке и организации геоэкологического мониторинга Огоджинского угольного месторождения необходимо применять выявленные в процессе исследований закономерности формирования инженерно-геологических условий месторождения

Наблюдательная сеть геоэкологического мониторинга Огоджинского угольного месторождения в пределах геологической среды должна включать:

- пункты геодезических наблюдений за вертикальными и горизонтальными перемещениями грунтовых массивов при разработке месторождения открытым способом;
- геофизические скважины для наблюдений за глубинными оползневыми процессами;
- гидрогеологические скважины для наблюдений за подземными водами;
- пункты наблюдений за эрозионными оползневыми процессами [6].

При этом необходимо проводить наблюдения за следующими компонентами геологической среды: горными породами; подземными водами; опасными природными и природно-техногенными процессами; напряженно-деформированным состоянием горных пород в бортах карьеров; вертикальными и горизонтальными перемещениями грунтовых массивов; многолетнемерзлыми породами в криолитозоне; изменениями ландшафта местности; загрязнениями атмосферы, поверхностных и подземных вод.

Список литературы:

1. Закономерности формирования физико-механических свойств горных пород Огоджинского угольного месторождения Амурской области при литогенезе /В.Е. Ольховатенко, Т.А. Кожухарь. – Томск: Печатная мануфактура, 2004. – 108 с.
2. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: Учеб. для вузов / Под. ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
3. Голодковская Г.А. Геологическая среда промышленных регионов / Г.А. Голодковская, Ю.Б. Елисеев. – М.: Недра, 1989. 220 с.
4. Бондарик Г.К. Природно-технические системы и их мониторинг. / Г.К. Бондарик, Л.Я. Ярг // Инженерная геология, 1990, № 5, С.3-9.
5. Кожухарь Т.А. Организация мониторинга геологической среды при открытой разработке Огоджинского угольного месторождения. / Наука, образование, общество: тенденции и перспективы // Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции 3 февраля 2014 г. В 7 частях. Часть IV. – М. : «АР-Консалт», 2014, С.120-122.
6. Кожухарь Т.А. Особенности организации геоэкологического мониторинга при разработке угольных месторождений открытым способом (на примере Огоджинского угольного месторождения)./ Роговские чтения. Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения профессора Г.М. Рогова. Томск, 2015, с.163-165.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ БИТЁВКИ

*О. В. Меньщикова, студент, Н. К. Смирнова, к.т.н., доцент
Курганский государственный университет
640002, г. Курган ул. Пролетарская 62, тел.(3522)23-20-92
E-mail: menshnikova.olesya12@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты исследования экологического состояния расположенной в центре города реки Битёвки на основе изучения печатных изданий и средств массовой информации, описаны методы очистки водоемов, представлены результаты опроса жителей города о наличии проблемы загрязнения территории реки в парке.

Abstract. The article presents the results of the study of the ecological state of the river Bitevka located in the city center on the basis of the study of printed publications and mass media, the methods of water purification are described, the results of a survey of residents of the city on the presence of the problem of pollution of the river in the Park are presented.

Ключевые слова: экологическое состояние реки, методы очищения воды, экосистема река, ливневые и сточные воды.

Keywords: ecological state of the river, methods of water purification, river ecosystem, storm and waste water.

Актуальность.

Река Битёвка в Кургане – это отрезок старого русла реки Тобол, образующий замкнутое кольцо с островом посередине, на территории которого находится Центральный парк культуры и отдыха (рисунок 1а,б).



а



б

Рис.1. Река Битёвка: а – общий вид на город; б – вид реки летом

Общая протяженность Битёвки при ширине 20-30 и глубине от 0,6 до 4 метров составляет чуть более полутора километров. После того, как была построена защитная от наводнений дамба, естественного соединения с Тоболом Битёвка не имеет, вода поступает из него через специальную систему труб и обновляется только в период паводков. А когда-то вода в Битёвке была чистой, водилась рыба. В летнее время работал пункт проката катамаранов, и купались ребяташки. Но за последние годы ситуация ухудшилась: река сильно обмелела, вода в ней стала мутной и приобрела неприятный запах. Согласно Водному кодексу РФ, старица реки Битёвки вокруг ЦПКиО Кургана относится к водному объекту федеральной собственности.

Цель работы – оценка экологического состояния старицы Битёвки.

Задачи:

- изучить информацию о состоянии реки Битёвки в печатных изданиях и интернет-ресурсах;
- изучить проекты и планы мероприятий администрации Кургана по очистке воды и берегов реки Битёвки;
- выяснить мнение жителей города о состоянии речки путем опроса;
- рассмотреть возможные методы очищения воды реки Битёвки.

Исследования экосистемы реки, проведенные сотрудниками Курганского Государственного Университета, показали:

- в биоразнообразии активного ила в весенний период преобладают диатомовые водоросли, спиригира, что свидетельствует об умеренной загрязнённости водоёма весной;

- многие характерные виды для данного водоёма отсутствуют, что обусловлено, в том числе и сточными водами, содержащими токсичные вещества;
- биоразнообразии активного ила в летний период представлено зелёными водорослями спирогиры и сине-зелеными микроцистисом, обильным разрастанием ряски;
- в химическом составе воды азотистые соединения представлены в виде аммиака, аминокислоты, содержится сероводород, наблюдается накопление продуктов разложения органики;
- в пространственно-временной динамике весной доминируют инфузории и дафнии, в летний - сине-зелёные (микроцистис) и инфузории, осенью - зелёные водоросли;
- обилие инфузории свидетельствует о уже начавшемся разложении органических веществ;
- в химическом составе воды выявлено небольшое превышение норм ПДК по калию во все кроме осеннего периоды, наличие его существенно влияет на развитие многих видов водорослей, что приводит к эвтрофикации водоёма [1].

В воде обитает только единственное млекопитающее – ондатра. Низким уровнем кислорода в воде и наличием вредных веществ обусловлено отсутствие какой-либо рыбы. Немалую роль в сокращении биоразнообразия и цветении воды играет антропогенный фактор, в том числе городские сточные воды (бытовые, канализационные стоки, содержащие вредные для здоровья синтетические моющие средства и др.) и сточные воды пищевой промышленности. Также не малую роль играют атмосферные осадки, содержащие загрязняющие вещества промышленного происхождения, которые вымываются из атмосферы.

Следует отметить обилие уток на реке в парке не только в весенний и летний, но и зимний период (рисунок 2 а-в).

Жители Кургана зачастую кормят уток хлебом, зерном и другой пищей, которая не только небезопасна для птиц, но и оказывает негативное воздействие на реку.



Рис. 2. Обилие уток на реке Битёвке: а – лето; б – зима; в – весна

Несмотря на ежегодные весной и осенью проводимые курганцами субботники по очистке парка и берегов речки от скопившегося мусора, сама речка в центре города все больше и больше приобретает устрашающий вид. С тех пор, как Битёвка стала проблемной, руководство города, реагируя на неоднократные обращения жителей в Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области и Администрацию, неоднократно предпринимали попытки по приведению в порядок этого живописного и любимого горожанами уголка. В статье представлены данные изучения статей в средствах массовой информации и официальных источников об основных проектах по очистке старицы Битёвки.

2011 год. «...водоём находится в неудовлетворительном состоянии – берега заросли камышом, дно заилено, русло забросано мусором... В настоящее время разработан проект по расчистке Битёвки. Как отметил начальник управления водного хозяйства и недропользования Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области, осенью этого года он должен пройти государственную экспертизу» [2].

Согласно проекту очистка Битёвки от донных отложений должна была привести к улучшению химических и биологических показателей водоема: в четыре раза уменьшится содержание в воде железа, нефтепродуктов, меди, цинка, повысится уровень кислорода, улучшится запах воды; глубина Битёвки

должна была в среднем увеличиться до 3,5 м. После очистки река могла бы представлять собой водоток протяженностью 1,6 км с шириной русла от 30 до 50 метров. Однако реальные работы начаты не были.

2012 год. В апреле начальник управления водного хозяйства и недропользования областного департамента природных ресурсов рассказал, что жители Кургана на неудовлетворительное состояние Битёвки жалуются постоянно. При этом причиной сильного загрязнения водоема стали сами же люди. «Этот водоем очень долго испытывал и продолжает испытывать антропогенное воздействие. Жители города бросают в старицу мусор, грязь, покрышки. Также в водоем есть водовыпуск ливневой канализации города, к которой идут незаконные врезки от недобросовестных жителей, так что в водоем даже фекальные воды поступают. Эти незаконные врезки мы контролируем, штрафуем, наказываем и выдаем предписания, даже суды были по этому вопросу» [3].

С целью расчистки городского водоема была разработана проектно-сметная документация, реальные работы планировалось начать в 2013-2014 годах, но конкретных сроков названо не было.

2015 год. Поднимался вопрос о приведении в порядок центрального парка, для которого была необходима расчистка старицы реки Битёвки, куда постоянно попадают неочищенные сточные воды и бытовой мусор. Специалисты Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области отмечали, что работы должны проводиться в несколько этапов: нужно укрепить берег, исключить попадание неочищенных ливневых стоков в реку и решить вопрос с благоустройством территории, примыкающей к парку [4].

2016 год. «Центральный парк культуры и отдыха в Кургане в настоящее время окружен зловонным кольцом зеленой воды, которая пригодна лишь для обитания уток и ондатр. Проблемы с чистотой водой не только в реке Тобол, но и в старице Битёвке, окаймляющей ЦПКиО. Она освобождается от зеленого покрова только после обильных дождей, плотность цветущих водорослей здесь очень высока. Сейчас разрабатывается проект для очистки ливневой канализации. Работы по очистке русла реки Битёвки будут проведены согласно разработке проекта Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области с включением в федеральную программу» [5]. Было установлено, что для очистки русла реки необходимо провести берегоукрепление, выполнить реконструкцию ливневого коллектора и очистных сооружений. Для завершения проекта нужно было 4,2 млн рублей.

2019 год. В феврале межрайонной природоохранной прокуратурой был выявлен факт, что муниципалитетом города Кургана в нарушение экологических и санитарных требований организован сброс без очистки городских сточных вод в старицу Битёвку через водоспуск ливневой канализации, расположенный около центрального входа в ЦПКиО. Сброс осуществляется со значительным превышением загрязняющих веществ. Курганская межрайонная природоохранная прокуратура в судебном порядке потребовала обязать муниципалитет организовать водоотведение, исключающее сброс загрязненных сточных вод в Битёвку [6].

Результаты сброса сточных вод в речку Битёвку реально ощущались в виде зловонного запаха от реки даже из-под толщи снега, а проталины, образующиеся из-за теплых стоков даже в зимнее время, показаны на фото (рисунок 3).



Рис. 3. Наличие проталин в реке Битёвке

Уже в марте этого года Курганский сенатор Сергей Лисовский в ходе встречи членов Совфеда с главой Минприроды поднял вопрос о загнивающей Битёвке, о возможности включения регионального проекта о реабилитации старицы реки Битёвки в Кургане в федеральную программу «Экология» [7].

Будет ли реализован этот проект и как скоро – покажет время.

Авторами был проведен опрос жителей города Кургана, в котором приняли участие 127 человек. В результате опроса выявлено:

- ЦПКиО является местом для прогулок горожан всех возрастов, 10,4% опрошенных посещают парк 2-3 раза в неделю;
- 83,6% опрошенных жителей отмечают наличие специфического неприятного запаха при входе в парк;
- 71,6% опрошенных часто видят мусор в парке и на берегах речки;
- 80% опрошенных стали бы посещать парк чаще после проведения необходимых мероприятий по очистке реки;
- только 5 % из числа принявших участие в опросе не волнует состояние реки;
- на вопрос: «Готовы ли Вы подписать петицию о запрете сбросов сточных вод в Битёвку?» 90% респондентов дали утвердительный ответ.

Таким образом, горожан беспокоит состояние, как реки, так и парка в целом.

Если в ближайшее время не провести необходимую очистку речки, то в ЦПКиО может сложиться экологическая катастрофа, парк перестанет быть посещаемым для горожан, а жители близлежащих домов вынуждены будут жить с наглухо закрытыми окнами.

Управлением водного хозяйства и недропользования определено, что для расчистки небольшой по размеру Битёвки требуется вложить большие средства – минимум 80 млн рублей [8]. Необходимо также исключить попадание в водный объект неочищенных ливневых и сточных вод. Кроме того, подъездные пути к речке ограничены, постоянного движения крупной техники не избежать, и шум работающих двигателей вряд ли понравится жителям близлежащих домов – все это вызывает дополнительные трудности при проведении очистки.

В современной практике встречаются различные варианты очистки водоемов. Чаще всего применяются способы:

- механическая очистка посредством земснарядов;
- биологический;
- химический;
- с использованием ультрафиолета [9].

Рассмотрим технологии и особенности каждого способа.

Механическая очистка земснарядом – один из наиболее эффективных вариантов очищения любых водных объектов. Он позволяет без вреда для экосистемы избавиться от водорослей и камыша со всей корневой системой, от донных отложений, а также любых гнилых остатков флоры. Технология работы земснаряда довольно проста: этот небольшой прибор, показанный на рисунке 4, размывает дно и посредством выкачивания удаляет оттуда все загрязнения. Эффективность прибора очень высокая, а цена – абсолютно доступная.



Рис. 4. Очистение вод с помощью земснаряда

Биологическое очищение. Биологическое воздействие естественным образом восстанавливает экосистему водоема, повышает ее способность к саморегуляции. Временное отселение рыб и удаление растений не производится. Возможности химической и механической чистки водоема сильно ограничены. Данные методики эффективны против одного типа загрязнений, присутствующих в водоеме, и не справляются с другими. Спектр воздействия биологических препаратов значительно шире, комплексы микроорганизмов успешно подавляют развитие вредной микрофлоры и разлагают органические остатки различного происхождения. При правильном подборе препарата происходит практически полное очищение воды во всей толще от загрязняющих агентов различной природы.

Существует несколько способов биологической очистки водоемов:

- разведение растительноядных рыб;
- высадка высших растений;
- применение специально выведенных штаммов микроорганизмов;
- биологическая фильтрация.

Выбор того или иного способа очистки для конкретного водоема зависит от его площади и назначения. В ряде случаев наиболее оправданным решением является комплексный подход к очистке воды, когда биологические способы взаимно дополняют друг друга либо сочетаются с другими методами очистки.

Использование химических реагентов – еще один метод удаления загрязнений из водных объектов с помощью специальных препаратов. Метод является экономически более затратным, но только в этом случае применяются химические вещества, которые выполняют три функции: нормализация кислотности, увеличение уровня кислорода, растворение водорослей. Со временем реагенты распадаются на воду и углекислый газ, что помогает уменьшить объемы ила. Химическую процедуру можно осуществлять двумя путями: добавлять дозированные порции химикатов вручную или же установить на дне автоматическую систему.

Очистка прудов с помощью ультрафиолетового фильтра – современный метод, позволяющий быстро избавиться от бактерий, вирусов и водорослей. Ультрафиолет уничтожает ДНК микроорганизмов, тем самым, «убивая» их. Способствует этому ультрафиолетовая лампа, находящаяся внутри фильтра. Все, что нужно для очищения объекта – правильно установить прибор и защитить его от зарастания. Также рекомендуется каждый сезон менять лампу, чтобы не снижалась интенсивность УФ-излучений.

Применительно к очистке реки Битёвки наиболее возможными и действенными методами являются механический и биологический. Они менее трудоёмки и экономически более выгодны по сравнению с другими.

Заключение

1. Состояние речки Битёвки в ЦПК и О представляет экологическую опасность.
2. Муниципалитетом города в нарушение экологических и санитарных требований организован без очистки сброс городских сточных вод в Битёвку.
3. Администрация города Кургана неоднократно предпринимала попытки очистки речки, но все они дальше планирования не продвинулись.
4. Жители Кургана обеспокоены состоянием речки в ЦПКиО и готовы подписать обращение к руководству города о принятии мер по очистке водоёма.

Список литературы:

1. Каржавин, И.М. Динамика экосистемы реки Битевка [Электронный ресурс] / И.М. Каржавин, Н.П. Несговорова, В.Г. Савельев.– Курган: scienceforum.ru, 2016. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017040658>.
2. О расчистке Битёвки [Электронный ресурс] / Администрация города. Курган: 2019. Режим доступа: <https://www.kurgan-city.ru/city/info/news/919/278366>.
3. В Кургане в старице реки Битёвка из-за загрязнений гибнет рыба [Электронный ресурс] /. – Курган: kurgancity.livejournal.com, 2012. Режим доступа: <https://kurgancity.livejournal.com/4921.html>.
4. Расчистку реки Битёвка в ЦПКиО Кургана проведут в несколько этапов <https://newdaynews.ru/kurgan/534727.html> [Электронный ресурс] /. – Курган: newdaynews.ru, 2015. Режим доступа: <https://newdaynews.ru/kurgan/534727.html>.
5. В Кургане в Центральном парке культуры и отдыха река превратилась в болото. Электрон. журн. Курган: www.znak.com, 2016. URL: <https://www.znak.com/2016-07-15/> (дата обращения 2.04.2019 г.).

6. Прокуратура через суд требует от мэрии Кургана остановить сброс загрязненных сточных вод в старицу Битёвка [Электронный ресурс] /. – Курган: veved.ru, 2019. Режим доступа: <http://veved.ru/tags/%E1%E8%F2%E5%E2%EA%E0/>.
7. М. Марамыгина. В Кургане реку, окружающую ЦПКиО, могут включить в федеральную программу «Экология». URL: <https://newdaynews.ru/kurgan/657858.html> (дата обращения 2.04.2019г.)
8. О расчистке Битёвки [Электронный ресурс] /. Курган: www.kurgan-city.ru, 2011. Режим доступа: <https://www.kurgan-city.ru/city/info/news/919/278366/>.
9. Правильная очистка водоемов: зачем и как? [Электронный ресурс] /. – Курган: 2019. Режим доступа: <http://chistye-reki.by/stati/ochistka-ozer-vodoemov-prudov-i-rek-ot-ila.php>.

ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

А.Н. Кроль, к.т.н., доц.

Кемеровский государственный университет,

650000, г. Кемерово, ул. Красная, б. тел. 8 (384-2) 58-38-85

E-mail: anna.krol.79@mail.ru

Аннотация: Человечество не может предупредить возможные катастрофы. Но люди научилось ликвидировать различные разливы нефти и нефтепродуктов. Поэтому при возникновении чрезвычайных ситуаций, необходимо уметь быстро и оперативно производить ликвидацию аварийного разлива нефти (ЛАРН).

Abstract: Humanity can not warn of possible disasters. But people have learned how to eliminate various spills of oil and oil products. Therefore, in the event of emergency situations, it is necessary to be able to quickly and promptly carry out the elimination of an emergency oil spill (OSR).

Ключевые слова: Нефтепродукты, ликвидация, чрезвычайные ситуации.

Keywords: Oil products, liquidation, emergency situations.

Обеспечение противопожарной защиты объектов в России с каждым годом становится все более важным не только для решения узловых проблем экономики, но и для решения многих социальных вопросов. При этом требованием времени становится не просто обеспечение противопожарной защиты любыми средствами, а создание оптимальной системы, предусматривающей неуклонное повышение уровня пожарной безопасности без увеличения расходов на эти цели.

Технологические процессы нефтяной промышленности сопровождаются выбросами в почву, водоемы и атмосферу значительных количеств производственных отходов, загрязняющих почву, воздух и воду.

Сброс загрязненных сточных вод, содержащих ядовитые органические и неорганические вещества, приводит к значительным экологическим проблемам.

В целях предупреждения загрязнения окружающей среды на площадке нефтеперерабатывающих предприятий или товарных парков предлагается следующее мероприятие:

- Использование газоуравнительной системы с использованием мягких резервуаров – газгольдеров, так как эта система исключает выход паров нефти в окружающую среду.

Комплекс для резервуарного парка включает в себя газоуравнительную систему с использованием мягких резервуаров – газгольдеров, изготавливаемых из газо- и жидкостонепроницаемого антистатического материала.

Гибкие резервуары изготавливаются из "сэндвича" материалов (рисунок 1), подобранных по критериям высокой прочности, длительного срока механического износа и химической стабильности.

Самоподдерживающаяся концепция обеспечивается геометрической формой, которая придает гибкому резервуару трехмерную структуру, без применения каких-либо поддерживающих приспособлений. Независимо от уровня заполнения гибкого резервуара, он всегда остается устойчивым. Горизонтальная поверхность – единственный упор.

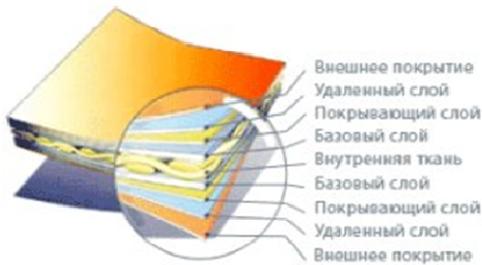


Рис. 1. Структура материала резервуара-газгольдера

- бирается насосами КНС и используется для закачки в пласт с целью поддержания пластового давления;
- Талые воды с территории товарного парка, через дождеприемники, собираются в канализационной системе с последующей откачкой на очистные сооружения. Все канализационные колодцы закрыты крышками;
- Технологические трубопроводы в пределах площадки прокладываются на несгораемых опорах, на них наносится наименование среды и направление движения продукта;
- Сварные стыки трубопроводов подлежат контролю физическими методами и испытаниями на прочность и герметичность, согласно графика, осуществляется дефектоскопия оборудования;
- Обвалование РВС;
- Оборудование технологических объектов выбрано в соответствии с климатическими условиями района строительства;
- Утечки с сальников насосов, фильтров узла учета нефти по закрытой схеме сбрасываются в емкость ЕП-50.

По мере накопления производится откачка жидкости погружным насосом на КНС. С целью уменьшения утечек с сальников насосов производится текущее обслуживание с заменой сальников, согласно графика, ППР.

В случае разливов нефтепродуктов в товарном парке, производится локализация, сбор жидкости и откачка, зачистка территории и вывоз загрязненного песка в отведенный шламовый амбар. Промасленная ветошь собирается в контейнеры с последующим вывозом на установки по сжиганию.

В последнее время из-за увеличения добычи и использования нефти количество чрезвычайных ситуаций увеличивается, поэтому предприятия, работающие в сфере использования нефтепродуктов должны разрабатывать план ликвидации аварийных разливов нефти, который часто называют просто ПЛАРН [1].

Для ликвидации небольших разливов и при удалении остаточных количеств нефтепродуктов после сбора их основной массы механическими методами обычно применяются сорбенты и сорбирующие изделия, их количество для порционного нанесения определяются исходя из сорбционной способности и объема загрязняющих веществ.

Следует сказать, что для сбора разлитых нефтепродуктов допускается использовать песок, однако применение песка в качестве сорбента потребует большого количества автотранспорта для его транспортировки и специализированной техники для его уборки, а также большого числа рабочей силы, что в сумме приведет к значительным материальным затратам для предприятия.

Поэтому для локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов рациональнее использовать специальные сорбенты и сорбционные изделия (пластины, маты). Ориентировочные значения поглощающей способности (тнув/т) органических и синтетических сорбентов приведены в справочнике [3]. Поглощающая способность Q_c гранулированных сорбентов («Нефтесорб», ППЭ-05 и др.) в среднем равна 9 тнув/т, а сорбционная емкость пластин и матов (типа «ПЛС-60», «МСВ» и др.) в среднем равна 180 л/шт. При этом нанесение и сбор пластин или матов значительно проще, чем гранулированных сорбентов.

Необходимая потребность сорбционных пластин или матов (типа «ПЛС-60», «МСВ» и др.) для сбора нефтепродуктов составит: при разливе $8,075 \text{ м}^3$ 45шт.

Для нанесения сорбента на площадь разлива нефтепродуктов вручную потребуется время (t_n , час), обратно пропорциональное количеству привлеченного персонала:

$$T_0 = \frac{Sp}{15n}, \quad (1)$$

где Sp – площадь разлива нефтепродуктов на территории (л);

n – количество рабочих (человек);

15 – норма времени (м²/час) для нанесения сорбента при толщине слоя до 5 см [1].

Максимальная величина площади Sp разлива на территории нефтепродукта объемом $Q_M = 0,02$ м³ составит 0,4 м², объемом $Q_M = 8,075$ м³ составит 81,5 м².

Персонал объекта (3 чел.) способен вручную нанести песок (сорбент) на площадь разлива нефтепродуктов до 0,4 м² (трудозатраты 0,03 чел.-часов) с использованием технических средств (лопаты), находящихся на объекте. Для нанесения сорбентов вручную при ликвидации разливов из автоцистерны площадью до 81,5 м² потребуется 5,4 чел.-часов). В этом случае, необходимо дополнительно привлечение сил в количестве четырех человек.

Если же площадь разлива нефтепродуктов достигает больших размеров, чем представлено выше, собственнику либо ответственному на объекте необходимо немедленно сообщить об угрозе чрезвычайной ситуации [2] в Главное управление МЧС России по тому территориальному субъекту, где находится непосредственно предприятие.

Таким образом, план по ликвидации разливов нефтепродуктов должен включать в себя все необходимые мероприятия, наиболее подходящие под конкретные условия и под конкретную ситуацию, произошедшую на территории предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.

Список литературы:

1. Анализ математических моделей развития опасных факторов пожара в системе зданий и сооружений /А.С. Ярош, М.Н. Чалаташвили, А.Н. Кроль, Е.А. Попова, В.В. Романова, А.В. Сачков// Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2019. -№ 1. - С.50-56.
2. Развитие пожарной охраны в России Кузбассе Кроль А.Н., Ефремова Я.О.В книге: Пищевые инновации и биотехнологии материалы IV Международной научной конференции. 2016. С. 667-669.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения справочник часть 1 [текст]/ А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. - Москва: Ассоциация "Пожнаука", 2004. - 713с.

ПРАВОВОЙ РЕЖИМ ТЕРРИТОРИЙ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ-ЮГРЕ

А.А. Михалёва студ., В.Е. Мальшева студ., Е.В. Аббасова, к.ю.н., доц.

*Российская академия народного хозяйства и государственной
службы при Президенте Российской Федерации, Челябинский филиал
454077, г. Челябинск ул. Комарова 26, тел. (351) 771-21-10*

E-mail: anutamixaleva@gmail.com

Аннотация: Данная статья посвящена анализу опыта создания и использования территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов севера в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре. В работе проанализированы нормативно-правовые акты округа, регулирующие вопросы образования и использования территорий традиционного природопользования, сформулированы проблемы управления территориями традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера.

Abstract: This article is devoted to the analysis of the experience of creating and using the traditional nature use's territories of the small indigenous north's peoples in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra. The paper analyzes the normative-legal acts of the region, regulating the issues of creation and use of traditional nature use's territories, formulated the management problems of such territories.

Ключевые понятия: территории традиционного природопользования, коренные малочисленные народы севера, традиционная хозяйственная деятельность, недропользование.

Keywords: territories of traditional nature use, indigenous peoples of the north, traditional economic activities, subsoil use

Ханты-Мансийский автономный округ-Югра является местом исконного проживания коренных малочисленных народов Севера (далее – КМНС), бережно хранящих свою культуру и быт. Ключевым

аспектом жизнеобеспечения ханты, манси и ненцев является ведение традиционных форм хозяйства, базирующихся на историческом опыте их предков в области природопользования, специфической социальной организации проживания, сохранения самобытной культуры. И в то же время традиционное природопользование КМНС является главным элементом северных экосистем, демонстрирующим экологически сбалансированные, не истощительные способы освоения природных ресурсов.

Опыт Ханты-Мансийского автономного округа в области создания и использования специальных природных территорий интересен тем, что в Югре сложилась особая форма правового регулирования земельных отношений коренных малочисленных народов. За период с 1992 по 2002 годы в интересах отдельных физических лиц и общин малочисленных народов были образованы «родовые угодья». [6, с.1025]. 7 февраля 1992 г. было принято положение о статусе таких угодий, которое и послужило нормативно-правовой основой данного института. В последующем такие угодья были преобразованы в территории традиционного природопользования регионального значения (далее – ТТП).

В настоящее время правовое положение ТТП определяется специальным федеральным законом от 7 мая 2001 года №49-ФЗ «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока». Статьей 1 федерального закона, а также Законом ХМАО – Югры от 28 декабря 2006 года № 145-оз «О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре» определено, что «территориями традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера являются особо охраняемые территории (федерального, регионального и муниципального значения), образованные для ведения традиционного природопользования и традиционного образа жизни КМНС».[1,2]

Субъектами права таких территорий выступают физлица, относящиеся к малочисленным народам, общины малочисленных народов, а также не относящиеся к ним, но постоянно проживающие в местах их традиционной хозяйственной деятельности, ведущие такие же, как и малочисленные народы, традиционное природопользование и традиционный образ жизни, физические лица, сведения о которых включены в Реестр ТТП регионального значения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.[2]

По данным Управления Росреестра по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре на территории округа насчитывается 475 территорий традиционного природопользования, их общая площадь составляет 12, 6 млн. га (около 24 % от всей территории округа).[10]



Рис.1. Структура территорий традиционного природопользования по районам ХМАО

В главе 3 Закона ХМАО – Югры от 28 декабря 2006 года № 145-оз указано, что правовой режим ТТП коренных малочисленных народов Севера устанавливается положениями о правовом режиме соответствующих территорий, утверждаемыми Правительством автономного округа, с участием субъектов права традиционного природопользования, которое содержит сведения о площади, границах ТТП, местонахождении, использовании и охране территорий традиционного природопользования в их границах. Для обеспечения дифференцированного режима охраны и использования ТТП выделяются следующие функциональные зоны: зона строгого охранного режима; зона охранного режима; зона ограниченного хозяйственного использования.[2]

Полномочия в области образования, использования и охраны ТТП осуществляет Правительство ХМАО-Югры, уполномоченные им органы исполнительной власти субъекта, а также Комиссия

по вопросам территорий традиционного природопользования, которая занимается работой по подготовке материалов об образовании ТТП. В состав комиссии входят представители территориального органа исполнительной власти по вопросам управления земельными, водными, лесными ресурсами, охраны и использования недр, охраны окружающей среды и животного мира, а также представители федеральных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления. В работе комиссии принимают участие представители КМНС, субъекты права традиционного природопользования и другие заинтересованные лица.[2]

Правообладатель направляет обращение об образовании ТТП в Правительство округа. Затем данное обращение рассматривает Комиссия по вопросам территорий традиционного природопользования. По результатам рассмотрения готовятся материалы об образовании ТТП. Их важной составляющей является проект положения о правовом режиме территории. Далее материалы направляются в органы местного самоуправления соответствующего муниципального образования, природоохранные и иные государственные органы на согласование. Это необходимо при образовании ТТП в соответствии с законодательством. На основании полученных заключений Комиссия вносит в Правительство округа проект решения об образовании ТТП, либо направляет ответ лицу, подавшему заявление, о невозможности образования данной территории.[7]

Нормативное регулирование вопросов ТТП осуществляется и Постановлениями Правительства автономного округа от 10 апреля 2002 года №192-п «О территориях традиционного природопользования», которое определяет порядок деятельности, состав и полномочия коллегиального (межведомственного) органа, созданного для рассмотрения вопросов использования и охраны территорий традиционного природопользования, а также Постановлением Правительства автономного округа от 01 июля 2008 № 140-п «О Реестре территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в автономном округе», определяющее порядок ведения реестра, содержащего официальные сведения об образованных на территории Югры ТТП регионального значения, включая сведения о субъектах права традиционного природопользования, а также определяет орган исполнительной власти, уполномоченный на его ведение.[3,4]

Говоря о вопросах регламентации использования ТТП, нельзя не упомянуть то, что большинство месторождений нефти и природного газа в ХМАО-Югре находятся в пределах территорий традиционного природопользования КМНС, что неизбежно приводит к конфликту интересов между недропользователями и владельцами ТТП. Учащаются случаи жалоб КМНС в органы местного самоуправления для защиты своих социальных прав и гарантий на исконную среду обитания.[8, с.123]

Ключевой проблемой является то, что до сих пор нет правового акта на федеральном уровне, который бы четко регламентировал параметры взаимодействия между КМНС и промышленниками, а также единые стандарты деятельности компаний на ТТП. Поэтому в каждом субъекте сложились свои особенности регулирования данных отношений.

В ХМАО распространена практика заключения экономических соглашений, которые по требованию местных органов самоуправления, помимо компенсации предполагают содействие в улучшении условий жизнедеятельности КМНС и социально-экономическом развитии территории.

Распоряжение Правительства ХМАО - Югры от 05.10.2009 N 425-рп содержит форму модельного соглашения между компаниями-недропользователями и субъектами права традиционного природопользования, рекомендованную к применению в процессе согласования использования земель для добычи углеводородного сырья в границах ТТП коренных малочисленных народов Севера.[5]

Однако отражение вопроса в нормативных актах округа и широкая практика экономических соглашений, побуждающих бизнес к ответственности перед коренными малочисленными народами Севера, не способствует созданию здоровой системы традиционного природопользования.[9, с.3]. С каждым годом, все больше и больше территорий исконной среды обитания КМНС, занимаются промышленниками и навсегда утрачивают свои свойства для хозяйственной деятельности. Нефтепроводы и дороги перерезают данные угодья, препятствует воспроизводству возобновляемых ресурсов, являющимися основой для традиционного хозяйствования.

Таким образом, с одной стороны, создание ТТП как особо охраняемой природной территории со специальными целями и задачами способствует сохранению природного разнообразия и созданию

соответствующих условий для ведения традиционного хозяйства коренных малочисленных народов Севера, сохранения и развития их исконного образа жизни. С другой стороны территории округа – это основной фундамент для развития экономики нашей страны, активная эксплуатация которого препятствует традиционной жизнедеятельности КМНС и оказывает губительное воздействие на экологическое состояние региона.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 07.05.2001 N 49-ФЗ (ред. от 31.12.2014) "О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации".
2. Закон Ханты-Мансийского автономного округа - Югры от 28 декабря 2006 года № 145-оз "О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре".
3. Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа от 01 июля 2008 № 140-п «О Реестре территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в автономном округе».
4. Постановлениями Правительства Ханты-Мансийского автономного округа от 10 апреля 2002 года №192-п «О территориях традиционного природопользования».
5. Распоряжение Правительства ХМАО - Югры от 05.10.2009 N 425-рп «Об утверждении Модельного соглашения недропользователей с субъектами права традиционного природопользования об использовании земель для целей недропользования в границах территорий традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре».
6. Изюмов, И.В. Экономика традиционного природопользования коренных народов Севера: теоретические аспекты развития / И.В. Изюмов// *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12 (часть 5) – С. 1024-1027.
7. Таранин, А.А. Территории традиционного природопользования коренных малочисленных народов и их место в системе особо охраняемых природных территорий России / А.А. Таранин // <http://igpran.ru/articles/2976/>.
8. Хакназаров С.Х. К вопросу о взаимодействии коренных народов Севера и промышленных компаний на примере Югры // *Арктика и Север*. – 2018. – № 30. – С. 120-133.
9. Харючи, С.Н. Проблема совершенствования Российского законодательства в области прав коренных малочисленных народов / С.Н. Харючи// *Конституционное и муниципальное право*. 2011. № 2.
10. <https://rosreestr.ru/site/about/struct/territorialnye-organy/upravlenie-rosreestra-po-khanty-mansiyskomu-avtonomnomu-okrugu-yugre/>.

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Е.Н. Абанина, к.ю.н., доц., Л.А. Тимофеев, д.ю.н., проф
Саратовская государственная юридическая академия
410056, г. Саратов, ул. Чернышевского, 104, тел. (8452) 29-90-39
E-mail: elena-abanina@yandex.ru

Аннотация: В целях эффективного обеспечения экологической безопасности необходимым является выстраивание системы обеспечения экологической безопасности. Основу формирования такой системы составляют взаимозависимые, но относительно самостоятельные подсистемы. Среди них важную роль играет государственное обеспечение экологической безопасности, или государственное управление. Цель статьи: на основе анализа научной литературы и законодательства определить место государственного управления в системе обеспечения экологической безопасности; разработать принципы государственного управления и предложить направления развития государственного обеспечения экологической безопасности с учетом современной ситуации.

Abstract: In order to effectively ensure environmental safety is necessary to build a consistent system of environmental safety. The basis for the formation of such a system is interdependent, but relatively independent subsystems. Among them, an important role is played by the state ensuring environmental safe-

ty, or public administration. The purpose of the article: based on the analysis of scientific literature and legislation to determine the place of public administration in the system of environmental safety; to develop the principles of public administration and suggest the directions of development of the state ensuring environmental safety taking into account the current situation.

Ключевые слова: экологическая безопасность, обеспечение экологической безопасности, государственное управление.

Keyword: environmental safety, support of environmental safety, public administration.

В своем послании Федеральному Собранию 20 февраля 2019 года Президент РФ Владимир Путин заявил, что «требования к вопросам экологической безопасности, безусловно, должны быть высокими», и подчеркнул, что «решение проблем в сфере экологии – это задача для нашей промышленности и науки, ответственность каждого из нас». В связи с этим, вопросы обеспечения экологической безопасности в ближайшее время будут оставаться самыми актуальными.

Экологическая безопасность – совокупность состояний, процессов и действий, обеспечивающая экологический баланс в окружающей среде и не приводящая к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде и человеку. Обеспечить такое состояние возможно путем различных средств, методов, действий. В общем виде, обеспечение экологической безопасности можно представить как совокупность средств, создающих условия и гарантирующих эффективное противодействие внутренним и внешним природным, техногенным и экологическим угрозам и возможным последствиям их действия. В зависимости от набора таких средств мы можем говорить о различных видах обеспечения экологической безопасности: государственно-политическое, экономическое (финансовое), информационное, научное, правовое обеспечение экологической безопасности.

Например, экономическое или финансовое обеспечение экологической безопасности заключается, главным образом, в обеспечении финансирования мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности. Основной идеей является сочетание «экономики и экологии», или согласование экономических и экологических интересов [1]. Финансовое обеспечение экологической безопасности осуществляется на основе принципов: платности природопользования, экономической ответственности, хозяйственного расчета, «загрязнитель платит», льготного налогообложения, финансовой поддержки природоохранной деятельности. К информационному обеспечению экологической безопасности относятся сбор, обработка, анализ, синтез, построение моделей, создание баз данных с экологической информацией. Экологическая информация представляет собой любые сведения (сообщения, данные о состоянии окружающей среды и ее компонентов, их изменении под влиянием негативной хозяйственной и иной деятельности, источниках такой деятельности, принимаемых мерах и др.) независимо от формы представления, характеризующие состояние и специфические особенности сферы взаимодействия общества и природы, необходимые для обеспечения экологической безопасности. Информационное обеспечение экологической безопасности осуществляется на основе принципов открытости, доступности, достоверности, обоснованности, своевременности, полноты экологической информации [2].

Среди всех подсистем в общей системе обеспечения экологической безопасности одной из наиболее важных является государственное обеспечение экологической безопасности. В широком понимании оно представляет собой государственное управление – деятельность всех органов государства по реализации возложенных полномочий в сфере обеспечения экологической безопасности.

Вывод о существенном влиянии именно государственного управления на всю систему обеспечения экологической безопасности можно сделать, исходя из анализа стратегического документа. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденная Указом Президента РФ от 19 апреля 2017 г., содержит цели, основные задачи, приоритетные направления и механизмы реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности. И механизм, несмотря на задействование всех средств и методов, главным образом опирается именно на возможности государственного управления. Ниже представлена таблица с соотношением элементов механизма обеспечения экологической безопасности возможным системам обеспечения. Как видим, большая часть элементов будет обеспечиваться именно посредством государственного управления.

Секция 3: Экологическая и техносферная безопасность

Таблица 1

Элементы механизма обеспечения экологической безопасности	Системы обеспечения экологической безопасности
принятие мер государственного регулирования выбросов парниковых газов, разработка долгосрочных стратегий социально-экономического развития, предусматривающих низкий уровень выбросов парниковых газов	Государственное обеспечение Финансовое обеспечение Правовое обеспечение
формирование системы технического регулирования, содержащей требования экологической и промышленной безопасности	Государственное обеспечение Финансовое обеспечение Правовое обеспечение
проведение стратегической экологической оценки проектов и программ развития ... , оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, а также экологической экспертизы и экспертизы проектной документации, экспертизы промышленной безопасности	Государственное обеспечение
лицензирование видов деятельности, потенциально опасных для окружающей среды, жизни и здоровья людей	Государственное обеспечение
нормирование и разрешительная деятельность в области охраны окружающей среды	Государственное обеспечение
внедрение комплексных экологических разрешений в отношении экологически опасных производств, использующих наилучшие доступные технологии	Государственное обеспечение Финансовое обеспечение Правовое обеспечение
применение системы сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для территорий (их частей) городов и иных населенных пунктов с учетом расположенных на этих территориях стационарных и передвижных источников загрязнения окружающей среды	Государственное обеспечение Финансовое обеспечение Правовое обеспечение
ведение Красной книги Российской Федерации и красных книг субъектов Российской Федерации	Государственное обеспечение Информационное обеспечение
реализация стратегий сохранения редких и исчезающих видов растений, животных и других организмов	Государственное обеспечение Правовое обеспечение Информационное обеспечение
управление системой особо охраняемых природных территорий	Государственное обеспечение
повышение эффективности государственного экологического надзора, производственного контроля в области охраны окружающей среды (производственного экологического контроля), общественного контроля в области охраны окружающей среды (общественного экологического контроля) и государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)	Государственное обеспечение
повышение эффективности надзора за исполнением органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных Российской Федерацией полномочий в области охраны и использования объектов животного мира	Государственное обеспечение
государственный санитарно-эпидемиологический надзор и социально-гигиенический мониторинг	Государственное обеспечение Информационное обеспечение
создание системы экологического аудита	Государственное обеспечение Правовое обеспечение
стимулирование внедрения наилучших доступных технологий, создание удовлетворяющих современным экологическим требованиям и стандартам объектов, используемых для размещения, утилизации, переработки и обезвреживания отходов производства и потребления, а также увеличение объема повторного применения отходов производства и потребления за счет субсидирования и предоставления налоговых и тарифных льгот, других форм поддержки	Государственное обеспечение Правовое обеспечение Финансовое обеспечение
использование программного подхода в области охраны окружающей среды и природопользования	Государственное обеспечение Правовое обеспечение Финансовое обеспечение
создание и развитие государственных информационных систем, обеспечивающих федеральные органы государственной власти, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан информацией о состоянии окружающей среды и об источниках негативного воздействия на нее	Государственное обеспечение Правовое обеспечение Финансовое обеспечение
обеспечение населения и организаций информацией об опасных гидрометеорологических и гелиогеофизических явлениях, о состоянии окружающей среды и ее загрязнении	Государственное обеспечение Правовое обеспечение Финансовое обеспечение

Субъектами управления обеспечением экологической безопасности, в том числе и природоохранной деятельностью, выступают государственные органы общей компетенции, специально уполномоченные органы (Таблица 2). К государственным органам общей компетенции относятся Президент Российской Федерации, Федеральное Собрание, Правительство, представительные и исполнительные органы власти субъектов Российской Федерации. К государственным органам специальной компетенции относятся те, которые уполномочены выполнять отдельные функции в сфере обеспечения экологической безопасности.

Таблица 2

Система государственных органов управления обеспечением экологической безопасности			
Органы общей компетенции		Органы специальной компетенции	
Президент РФ	Органы государственной власти субъектов РФ	Министерство внутренних дел РФ	Министерство сельского хозяйства РФ
Федеральное Собрание		МЧС	Министерство природных ресурсов и экологии РФ
Правительство РФ		Федеральная служба безопасности РФ	

Основу системы обеспечения экологической безопасности средствами и методами государственного управления составляют принципы государственного управления. Их значимость определяется установлением возможных границ деятельности органов государственной власти, исходя из общей идеи «не навреди». Отдельного правового акта, содержащего принципы государственного управления в экологической сфере нет, но, в литературе можно встретить единые подходы к формированию этих принципов, исходя из общих принципов построения и функционирования системы государственной службы, принципов охраны окружающей среды [3] и принципов государственного управления в отдельных природоресурсных отраслях права:

- сочетание федеративного, административно-территориального, муниципального, отраслевого, производственного и природно-географического факторов в управлении;
- комплексный, системный подход, учитывающий взаимосвязи между отдельными объектами природы;
- разделение хозяйственных и контрольно-надзорных функций в деятельности органов управления;
- участие граждан и общественных организаций в управлении [4].

Необходимость дальнейшего детального исследования роли государственного управления в системе обеспечения экологической безопасности, в связи с активизацией государства в сфере обеспечения экологической безопасности, диктуется следующими предпосылками:

- государственное управление обладает такими эффективными функциями как: контроль и надзор, экспертиза, оценка воздействия на окружающую среду;
- только методами государственного управления можно объединить усилия всех субъектов обеспечения экологической безопасности: федеральных и региональных государственных органов, органов местного самоуправления, общественных, некоммерческих объединений, юридических и физических лиц;
- государственное управление оперирует такими методами как «государственное принуждение» и обеспечивается неотвратимостью ответственности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-011-00416

Список литературы:

1. Есина Е.И. Формирование эффективного финансового механизма государственной политики в области обеспечения экологической безопасности // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2012. № 17. С. 37–44.
2. Выпханова Г.В. Теоретико-правовые аспекты информационного обеспечения природопользования и охраны окружающей среды // Труды Института государства и права РАН. 2010. № 2. С. 81-100.
3. Научно-практический комментарий к Федеральному закону от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (постатейный) / Л.П. Берназ, И.Н. Жочкина, Н.В. Кичигин и др.; отв. ред. Н.И. Хлуденева. М.: ИЗиСП, КОНТРАКТ, 2018. 528 с.

4. Круглов В.В. Организационно-правовое обеспечение охраны окружающей среды // Российский юридический журнал. 2018. № 6. С. 179–182.

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ГАЗОМОТОРНОЙ ОТРАСЛИ В СНГ И ДАЛЬНЕМ ЗАРУБЕЖЬЕ

Г.Я. Мусафирова, к.т.н., доц., Г.К. Юшкевич, студ.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

230023, г.Гродно ул. Ожешко, 22, тел. +375152- 68-41-09

E-mail: musafirova_gy@grsu.by

Аннотация: В статье даётся оценка состояния внедрения в СНГ и дальнем зарубежье сжиженного природного газа в качестве моторного топлива. Природный газ – эффективное топливо для транспорта: в отличие от бензина он не имеет токсичных и канцерогенных добавок, соединений свинца, бензола, поэтому он не загрязняет окружающую среду. Двигатели, работающие на сжатом природном газе и практически вся выхлопная система автомобиля, включая глушитель имеют почти в два раза больший срок службы, к тому же топливо не замерзает даже при экстремально низких температурах.

Abstract: The article provides an assessment of the status of introduction of liquefied natural gas in the CIS and abroad as a motor fuel. Natural gas is an effective fuel for transportation: unlike gasoline, it does not have toxic and carcinogenic additives, lead compounds, benzene, so it does not pollute the environment. Compressed natural gas engines and virtually the entire exhaust system of a car, including the muffler, have almost twice the service life, and the fuel does not freeze even at extremely low temperatures.

Ключевые слова: газомоторное топливо, сжиженный природный газ, бензин, дизтопливо, испаритель, автомобильный криобак.

Keyword: gas engine fuel, liquefied natural gas, gasoline, diesel fuel vaporizer, automobile cryoback.

В настоящее время в мире основным источником энергии является нефть и её продукты. Запасы нефти не безграничны, а её потребление уже достигло критической точки, в связи с чем всё большее количество стран переходят на экологически чистые источники энергии. Одним из таких источников является природный газ (ПГ). Так как основным продуктом нефти является топливо для транспорта, то природный газ необходимо рассматривать как топливо для транспорта. Следует отметить, что сейчас более 80 стран используют ПГ в качестве газомоторного топлива и более 20 млн. автомобилей работают на голубом топливе. Автомобили заправляются на 25 тысячах автозаправочных станциях в 3000 городах по всему миру и ещё более 1500 станций находятся в стадии проектирования и строительства. В России уже эксплуатируется 90 тысяч автомобилей на природном газе, существуют 254 станции и ещё 15 находятся в стадии строительства [1-3].

Производство сжиженного природного газа (СПГ) в мире стремительно растёт. СПГ как моторное топливо давно используется во многих странах. В США уже десятки лет карьерные самосвалы «ходят» на СПГ, большегрузные автомобили на СПГ также успешно эксплуатируются в Австралии, Корее и других странах. Транспорт Японии уже готов для заправки российским СПГ, поставки которого будут осуществляться с заводов по сжижению метана (проект «Сахалин-2») [2-5].

Следует отметить: в России работы по использованию СПГ на автотранспорте идут достаточно медленно, так как это поддерживается энтузиазмом специалистов нескольких предприятий: ОАО «Криогенмаш» (г. Балашиха, Московская область), ОАО «НПО Гелиймаш» (г. Москва), ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», ЗАО «Крионорд» (г. Санкт Петербург), ЗАО «Газомотор «ЭКИП» (г. Москва) [3-4]. Более 200 автопроизводителей предлагают специализированные метановые двигатели и устанавливают топливные баки для сжатого или сжиженного природного газа. Интерес автопроизводителей растёт, наиболее яркие примеры из которых следует назвать: «KAMAZ», «Ford», «Scania», «Opel», «GM», «Mercedes Benz», «Toyota», «Hyundai», «Tata», «Fiat» [1].

Природный газ не является новым источником энергии, но все же мировая ситуация со скорым исчерпанием нефти «заставила» мир рассматривать природный газ как эффективное топливо для транспорта. Двигатели, работающие на ПГ, выбрасывают на 20-25% меньше CO₂, чем работающие на топливных нефтехимических продуктах; снижают выбросы углеводородов и их производных на 70-80% и NO_x на 25-30%. ПГ содержит незначительное количество примесей серы, не содержит твердых частиц, других тяжелых металлов. В отличие от бензина, ПГ для транспортных средств не имеет токсичных и канцерогенных добавок, соединений свинца или бензола, поэтому он не токсичен, не загрязняет окружающую среду при использовании его в качестве топлива для транспорта [1].

Многочисленные исследования показали, что двигатель автомобиля работает эффективнее на ПГ, чем на бензине: ПГ для транспортных средств имеет октановое число порядка 125, бензин – 95. Это обеспечивает горение без самовоспламенения: смесь ПГ и воздуха идеально воспламеняется и длительно горит независимо от температуры. Моторное масло, смазывающее двигатель не загрязняется при работе на ПГ, в связи с чем интервалы между заменами масла значительно увеличиваются и свечи зажигания остаются чистыми. При этом следует отметить, что продукты горения ПГ не агрессивны, не повреждают металлы. Поэтому цилиндры двигателя транспорта, работающие на СПГ и практически вся его выхлопная система, включая глушитель имеют почти в два раза больший срок службы, чем на бензиновых двигателях. Двигатель на природном газе работает при любых климатических условиях. Транспортное средство всегда будет готово к использованию, поскольку топливо не замерзает даже при экстремально низких температурах. Природный газ сжижается только при -163°C [3].

Газовое топливо исключает детонацию в цилиндрах во время периодов быстрого ускорения и вследствие этого уменьшает износ всех металлических поверхностей двигателя, при этом обеспечивается высокая гибкость производительности автомобиля, как вовремя ускорений, так и при низкой скорости движения.

Учитывая все эти преимущества природный газ «выигрывает» практически по всем параметрам у бензина или дизельного топлива. Почему же природный газ не используется повсеместно в транспорте? Следует отметить, что при использовании природного газа в качестве газомоторного топлива возникает много нюансов, связанных с его хранением. Газ хранится в сжиженном состоянии при температуре -163°C . Для того чтобы газ подать в двигатель внутреннего сгорания, его необходимо подогреть для перехода в жидкое состояние. Этот процесс называется испарением, который происходит в испарителе. Рассмотренные нюансы усложняют процесс внедрения природного газа в качестве газомоторного топлива для всех транспортных средств, работающих на ДВС. Для хранения сжиженного природного газа используют специальные криобаки (рисунок 1).



Рис. 1. Криобак топливный для СПГ

В настоящее время существуют четыре основных типа транспортных криогенных баков для СПГ: с экранно-вакуумной и вакуумно-порошковой теплоизоляцией, с комбинированной теплоизоляцией и кассетного типа с теплоизоляцией на базе вспененного пенополиуретана [5].

Баки имеют высокую стоимость, которая сдерживает использование СПГ как моторного топлива. Высокая стоимость баков обусловлена желанием их производителей достичь как можно большего срока бездренажного хранения газа, что обеспечивается использованием только дорогой экранно-вакуумной суперизоляции. Бездренажное хранение подразумевает поддержку определённой температуры внутри бака, при которой СПГ газообразен. Если температура повысится газ будет преобразовываться в жидкость, что последует увеличение объема вещества и как следствие повышение давления внутри бака. Однако для транспортных средств с хорошо отлаженным регламентом работы (карьерные самосвалы, пассажирский транспорт и т.п.) срок бездренажного хранения 1-3 сут. вполне достаточен. СПГ уже используется на карьерных самосвалах и общественном транспорте, но сейчас речь идёт о внедрении СПГ в личный транспорт, грузовики, спец. технику. Поэтому в ближайшем будущем ожидается широкое применение СПГ, а именно совершенствование технологии его преобразования (оптимизация процесса сжижения, испарения газа), хранения и использования в повседневной жизни.

Россия является самой крупной газодобывающей державой. Разведанные ресурсы природного газа составляют четверть от всех мировых запасов. Однако в отношении применения природного

газа на транспорте и его транспортировки в сжиженном виде есть серьезное отставание от других промышленно развитых стран. Интенсивный рост газомоторной отрасли требует постепенного вовлечения новых специалистов – грамотных инженеров, которым в перспективе необходимо проектирование, производство и эксплуатация данного оборудования, а также его подбор, установка и эффективное использование [6, 7]. Расширение инфраструктуры применения природного газа на транспорте и его транспортировки как в сжиженном, так и в сжатом виде будет превышать рост промышленности в других отраслях как минимум на порядок.

В связи с вышеизложенным газомоторной отрасли потребуются в большом количестве [1-5]:

- ожижители СПГ;
- эффективные емкости для хранения СПГ;
- средства транспортировки сжатого и ПГ;
- атмосферные и электрические испарители и подогреватели природного газа среднего и высокого давления;
- центробежные и поршневые криогенные насосы для СПГ;
- газобаллонные системы и топливные баки для СПГ;
- криогенные запорные, регулирующие и предохранительные клапаны;
- бесшовные нержавеющие трубы в бухтах для прокладки газовых магистралей в пределах автомобильных газонаполнительных станций;
- устройства заправки автомобилей сжатым или ПГ.

Таким образом, данное обстоятельство в сочетании со всеми перечисленными выше экономическими, политическими, экологическими и техническими преимуществами природного газа указывает на то, что в ближайшее время ожидается бурный рост газомоторной отрасли СНГ и дальнем зарубежье и мы должны быть к этому готовы.

Список литературы:

1. Исследование влияния инфраструктуры городского хозяйства на региональное социально-экономическое развитие / Е.В. Уфимцева, И.В. Волчкова, Ю.В. Подопригора, М.Н. Данилова, Н.Р. Шадейко, А.А. Селиверстов // Региональная экономика: теория и практика. – 2017. – Т. 15. – № 2 (437). – С. 237–253.
2. Слободов Е.Б. Веские причины для применения природного газа на транспорте / Е.Б. Слободов // Gasworld Россия и СНГ. – 2014. – №35. – С. 30-32.
3. Использование КПП: экономика, экология, безопасность / Gasworld Россия и СНГ. – 2014. – №35. – С. 24-25.
4. Сахалин-2. Первый в России завод по производству сжиженного природного газа. URL:<http://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/> (дата обращения 10.01.2019).
5. Мовчун Е.П. Создание эффективных автомобильных криобаков для СПГ. / Е.П.Мовчун // Технические газы. – 2009. – №3. – С. 68-72.
6. Мусафирова Г. Я О необходимости внедрения технологии интернета вещей на машиностроительных предприятиях Беларуси /Г.Я. Мусафирова // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте [Электронный ресурс]: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 29-30 ноября 2017г. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – С. 326-328.
7. Мусафирова Г. Я О перспективах белорусских выпускников инженерных специальностей /Г.Я. Мусафирова // Образование. Наука. Карьера: в 2 т. Т. 1: сборник научных статей Междунар. науч.-метод. конф., Курск, 24 января 2018г.- Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2018. – С. 276-279.

ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Д.С. Теплова, аспирант,

Башкирский государственный университет

450076, г. Уфа ул. Заки Валиди, 32 тел. +7 (347) 229-97-21

E-mail: d.teplova@yandex.ru

Аннотация: в статье рассматривается изменение качественного состава поверхностных вод в зависимости от гидрологического режима на примере р. Белая республики Башкортостан. Приведены графики зависимостей концентраций меди по фазам водного режима.

Abstract: the article deals with the qualitative composition of surface water fluctuation depending on the hydrological regime on the example of the Belaya river Republic of Bashkortostan. It presents the graphs of copper concentrations on the phases of the water regime dependence.

Ключевые слова: загрязнение поверхностных вод, тяжелые металлы, аккумуляция, температура воды
Keyword: surface-water contamination, heavy metals, accumulation, water temperature

В современных условиях природопользования проблемы охраны водных ресурсов являются одними из актуальных задач. Изучение антропогенного влияния на речные бассейны осложнено рядом факторов, среди которых выделяется динамичность и многокомпонентность химического состава речных вод. Химический состав поверхностных вод определяется сбросами сточных вод и поступлением загрязненных водных масс притоков или подземных вод, загрязнением воды через атмосферу и испарением с поверхности водоемов, приводящим к увеличению в их водах концентрации тех или иных лимитирующих веществ; гидрологическим режимом водных объектов, гидродинамическими особенностями формирующихся в них течений, определяющих перенос и диффузию загрязняющих веществ, осаждение и последующее взмучивание взвешенных веществ [1]. Важную роль могут играть биологические процессы загрязнения, например, эвтрофикация водоемов, аккумуляция гидробионтами. Необходимо учитывать также химические процессы преобразования веществ, их распад, синтез и т.д.

Современная система мониторинга, в общем и целом, учитывает гидрологический режим рек (при отборе проб производится измерение расхода и скорости воды, температуры, отбор проводится по утвержденным программам), однако для ряда рек внутригодовые изменения химического состава имеют значительные колебания. Это также зависит и от особенностей загрязняющих веществ, их «поведения» в водной массе. Например, тяжелые металлы – загрязнители, которые имеют способность к аккумуляции в водной массе, а также к биоаккумуляции. Несмотря на то, что республика Башкортостан специализируется на нефтяной и нефтехимической промышленности, загрязнение тяжелыми металлами наблюдается во всех природных средах, в т.ч. речных водах. Рассмотрим характер загрязнений тяжелыми металлами на примере меди в пределах бассейна р. Белая. В период зимней межени, в ледоставный период, когда водообмен и кислородный обмен замедлен, происходит накопление (рис. 1). В целом, в меженные периоды наблюдаются увеличение концентраций меди от малых рек (притоков) к крупным. Наибольший разброс параметров происходит в зимнюю межень. В период весеннего половодья напротив происходит разбавление и вынос загрязнителей в водной массе. Зависимость имеет обратный порядок – чем меньше расходы, тем меньше концентрации (рис. 2.1). Такие же особенности распределения присущи всем тяжелым металлам, определяемым в р. Белая и ее притоках в рамках мониторинга поверхностных вод сети Росгидромет.

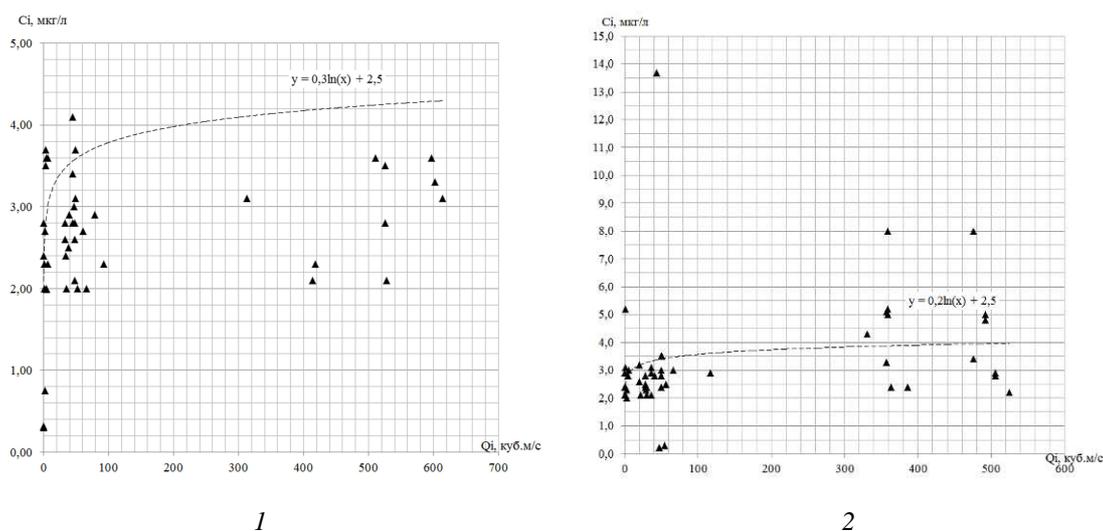


Рис. 1. Графики зависимостей концентраций меди от расхода воды для зимней межени (1), летне-осенней межени (2). Построено автором по материалам [2]

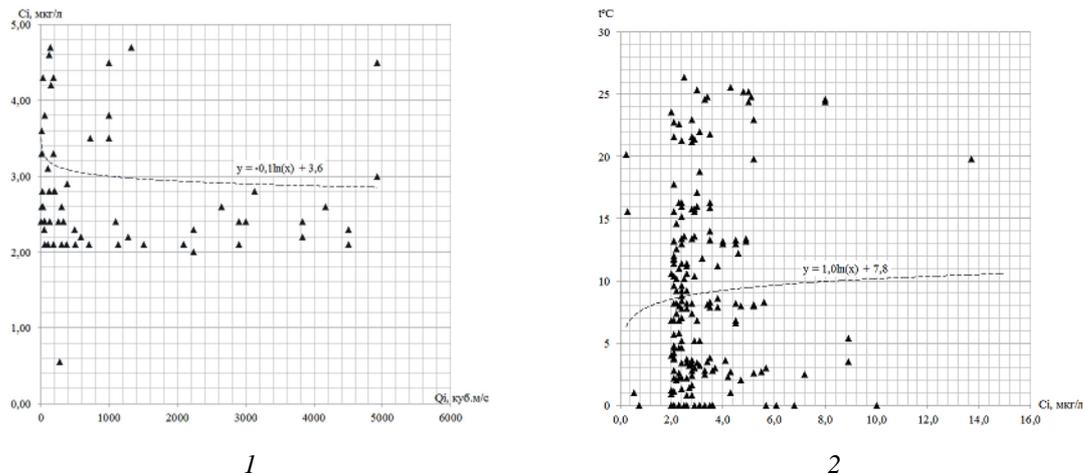


Рис. 2. Графики зависимостей концентраций меди от расхода воды весеннего половодья (1) и от температуры воды (2). Построено автором по материалам [2]

Некоторые загрязняющие вещества, например, нефтепродукты при температурах близких к нулю, никак не реагируют со средой. В то же время при высоких температурах может наблюдаться значительное испарение с поверхности воды, при этом легкие фракции нефтепродуктов будут испаряться, при этом тяжелые фракции оседать и накапливаться. При повышении температуры воды нарушается кислородный режим водоема, и загрязнение воды при равном влиянии прочих факторов в наибольшей степени проявляется в летний период. Даже несмотря на то, что зимой процессы окисления замедляются, т.к. аэробные бактерии при температуре менее 6°C находятся в угнетенном состоянии, процессы минерализации органических веществ затормаживаются и не происходит аэрации водной массы из-за ледостава [3]. Для тяжелых металлов температурный режим и изменение рН увеличивает скорость процессов сорбции и аккумуляции. При рассмотрении зависимости концентрации от температуры воды, можно отметить, что данное условие выполняется - с повышением температуры происходит накопление меди (рис. 2.2).

Изучение процессов биоаккумуляции и также химического состава в рамках государственного мониторинга не производится, хотя для таких загрязнителей является необходимой составляющей в оценке качества поверхностных речных вод. Несмотря на очистку сбрасываемых сточных вод, при контакте водной массы, а также взмучивании загрязненных донных отложений может происходить вторичное загрязнение. При определенных условиях заметную роль в загрязнении речных вод ионами тяжелых металлов играют окислительно-восстановительные процессы. Восстановительные условия в воде и донных отложениях способствуют переходу окисленных форм металлов в более восстановленное состояние, что приводит, в конечном счете, к повышению содержания этих металлов в воде [4]. Процессы разрушения комплексных соединений могут способствовать вторичному загрязнению водоемов.

Процессы превращения соединений тяжелых металлов в воде характеризуются большой сложностью и разнообразием. Характер распространения и интенсивность загрязнений воды зависит от различных сочетаний целого ряда факторов, роль каждого из которых в настоящее время остается до конца не выясненной.

Список литературы:

1. Караушев А. В. (ред.). Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 286 с.
2. Данные фонда ФГБУ «БашУГМС»: Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1 и 2. Том 1 (39). вып.24,25. Отв. Ред. В.Г. Хаматова. – Уфа: ФГБУ «Башкирское УГМС».
3. Федоров Н. Ф. Канализация [Учеб. пособие по специальности «Водоснабжение и канализация» для вузов]. - Москва: Высш. школа, 1968. - 592 с.
4. Р 52.24.627-2007. Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ. – Ростов-на-Дону, 2008. – 177 с.

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫМ
СПОСОБОМ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА**

В.Е. Ольховатенко, д. г.-м.н., проф., О.А.Бычков, к. г.-м.н., доц., Н.А. Чернышова, к. г.-м.н. доц.

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003 г. Томск, пл. Соляная 2, тел. (3822) 65-28-24

Email: igg@tsuab.ru

Аннотация: Освещается геологическая проблема, возникающая при разработке угольных месторождений открытым способом. Рассматриваются влияние геолого-структурных особенностей и техногенного воздействия на состояние окружающей среды. Даются рекомендации по защите окружающей среды и организации мониторинга горно-технических систем.

Abstract: The geo-ecological problems arising from the development of coal deposits in the open way are covered. The article considers the influence of geological and structural features and anthropogenic impact on the environment. There are given recommendations on environmental protection and organization of monitoring of mining and technical systems.

Ключевые слова: геология, угольные месторождения, устойчивость бортов, техногенные воздействия, окружающая среда.

Keywords: geo-ecology, coal deposits, stability of the sides, technogenic impacts, environment.

Кузнецкий угольный бассейн является одним из крупнейших, где применяется открытый способ разработки угольных месторождений. При строительстве и эксплуатации углерезов возникает целый комплекс проблем, среди которых центральное место занимает проблемы устойчивости бортов карьеров.

Особенностью геологического строения Кузбасса является наличие следующих геолого-генетических комплексов пород: 1) четвертичного возраста (Q3-4); 2) палеогена и неогена (Pg и Ng); 3) континентальных отложений мезозоя (Mz); 4) континентальных угленосных отложений кольчугинской серии (P2); 5) лагунно-континентальных угленосных отложений балахонской серии (C2-3-P1b1); 6) морских отложений (D1-C1t+v); 7) магматических горных пород (базальты, долериты, граниты, диабазы).

Среди выделенных геолого-генетических комплексов пород важную роль при строительстве карьеров будут играть угленосные отложения кольчугинской и балахонской серий, а также породы юры и покровные четвертичные образования [1,2].

Лагунно-континентальные отложения балахонской серии (C₂₋₃-P_{1b1}) залегают на морских нижнекаменноугольных отложениях мозжухинской серии и узкой полосой протягиваются по периферии Кузнецкой котловины. В разрезе балахонской серии согласно стратиграфической схеме Кузбасса выделяются острогская свита (C₂³_{os}), нижнебалахонская (C₂₋₃b1) и верхнебалахонская (P_{1b1}) подсерии. Литологический состав пород, слагающих острогскую свиту (C₂³_{os}), представлен конгломератами, песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Нижнебалахонская подсерия (C₂₋₃b1) согласно залегает на породах острогской свиты и литологически представлена переслаивающейся толщей песчаников, алевролитов, аргиллитов, угольных пластов с включениями линз глинистых и алевролитовых известняков.

Глинистые породы нижнебалахонской подсерии представлены аргиллитами преимущественно каолинит-гидрослюдистого, реже бейделлит-гидрослюдистого состава. Наряду с обломочными сцементированными и глинистыми породами в разрезе нижнебалахонской свиты встречаются известняки с примесью глинистого вещества, обломков кварца и листочков слюд.

Верхнебалахонская подсерия (P_{1b1}) делится на четыре свиты: промежуточную, ишановскую, кемеровскую, усятскую. Максимальная мощность ее 850–1200 м. Литологически породы данной подсерии представлены конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами, углями, аргиллитами и их углистыми разностями.

Песчаники обычно серого цвета и отличаются высоким содержанием в обломочной части кварца, эффузивов, кремнистых пород и полевых шпатов.

Алевролиты в разрезе верхнебалахонской подсерии пользуются довольно широким распространением и представлены как крупными разностями, близкими к мелкозернистым песчаникам, так и глинистыми разностями, близкими к аргиллитам. По сравнению с песчаниками в них увеличивается содержание кварцевого и кремнистого материала, а также слюд и аксессуарных минералов.

Цемент алевролитов преимущественно глинистый, иногда глинисто-карбонатный, тип цемента пленочный или выполнения пор. По текстурным признакам отчетливо выделяются тонкогоризонтальнолоистые и массивные углистые алевролиты. Широким распространением в верхнебалахонской подсерии

пользуются аргиллиты и их углистые разности. Для них характерно высокое содержание тонкодисперсных глинистых минералов преимущественно гидрослюдистого и каолинит-гидрослюдистого состава. Карбонатные породы в разрезе верхнебалахонской подсерии имеют подчиненное значение.

Континентальные отложения кольчугинской серии (P2) отличаются от вышеописанных как по условиям образования, так и по литологическому составу горных пород и делятся на три подсерии: кузнецкую безугольную (P2kz), ильинскую (P2il) и ерунаковскую (P2er) угленосные. На дневную поверхность отложения кольчугинской серии выходят по периферийной части бассейна, а в центральной, юго-восточной и западной частях Кузбасса они перекрываются породами мезозойского возраста.

Континентальные отложения мезозоя представлены породами триаса, юры, мела. Среди них наибольший интерес представляют отложения юры, которые занимают значительную часть Кузнецкого бассейна и в той или иной степени будут представлены в бортах будущих карьеров. Отложения тарбаганской серии (J₁₋₃) являются верхним структурным этажом продуктивной толщи Кузбасса. Отличительной особенностью среднемеозойских отложений является значительное возрастание в них грубозернистых пород. Широким распространением здесь пользуются конгломераты и гравелиты. Для пород отчетливо наблюдается закономерное уменьшение грубозернистых разностей в разрезе серии снизу вверх, в также в юго - западном направлении. Последнее обусловлено положением областей питания в период среднепалеозойского осадконакопления.

Конгломераты пользуются широким распространением среди отложений тарбаганской серии и состоят преимущественно из гальки хорошей окатанности, сцементированной песчано-глинистым, иногда песчано-глинисто-карбонатным материалом. По составу обломки представлены изверженными, метаморфическими и осадочными породами с различным соотношением их в разрезе, что обусловлено составом горных пород областей питания.

Песчаники пользуются широким распространением в тарбаганской серии и часто в нижних частях разреза переслаиваются с конгломератами, а в верхних – с алевролитами и аргиллитами. В их составе содержится до 75 % обломков метаморфических, кремнистых и эффузивных пород. Присутствуют также обломки кварца и полевых шпатов. Цемент поровый и пленочный, иногда контактовый или коррозионный, а по составу глинисто-кремнистый, кремнисто-хлоритовый, хлорит-слюдистый, железистый и известковистый.

Согласно схемы тектонического районирования на территории Кузбасса выделяются четыре геотектонические зоны: Присалаирская зона линейной складчатости и разрывов, Приколывань-Томская зона линейной складчатости и разрывов, Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий, Приалатаусская и Пригорношорская зоны моноклиналей.

Наиболее сложными в тектоническом отношении представляются Присалаирская и Приколывань-Томская зоны линейной складчатости и разрывов.

Для месторождения Присалаирской зоны характерно наличие узких кулисообразных брахискладок, углы падения крыльев которых составляют 60–90°. Породы интенсивно разбиты системой тектонических нарушений.

Приколывань-Томская зона линейной складчатости, образовалась в результате тангенциальных движений со стороны Колывань-Томской складчатой дуги.

Центральная зона пологих складок и куполовидных поднятий является переходной от зоны линейных складок к зоне моноклиналей. Для нее характерны значительно меньшая дислоцированность осадков и разнообразная ориентировка осей складок.

Приалатаусская и Пригорношорская зоны моноклиналей развиты в юго-восточной и северо-восточной частях бассейна.

Отмеченные особенности тектонического строения оказывают большое влияние на разработку угольных месторождений открытым способом и устойчивость бортов карьеров.

По мере расширения и углубления карьеров все больше возрастает нагрузка на геологическую среду. Формирование глубоких выемок приводит к значительным изменениям напряженно-деформированного состояния пород в бортах карьеров. Динамические нагрузки, создаваемые при работе экскаваторов и автотранспорта, приводят к нарушениям структурных связей горных пород, снижению их прочности и устойчивости в бортах карьеров.

Таблица 1

Результаты расчетов устойчивости бортов карьеров Кузбасса			
Угольные карьеры	Глубина карьеров, м	Углы наклона бортов, град	
		при $k_{st} = 1,0$	при $k_{st} = 1,3$
Моховский	102	47	36
Уропский	200	42	32
Караканский	190	46	35
Талдинский	197	43	33
Ерунаковский Южный	208	44	34
Томуслыский	260	46	35
Сибирский	300	48	37

Проведенные инженерно-геологические исследования на территории Кузнецкого бассейна и выполненные расчеты устойчивости бортов карьеров позволили произвести классифицирование угольных месторождений и участков действующих карьеров по степени устойчивости пород в их бортах.

В соответствии с предложенной классификацией выделено 5 групп угольных месторождений, характеризующихся близкими геолого-тектоническими признаками, степенью нарушенности пород дизъюнктивной тектоники, а, следовательно, и устойчивостью в бортах карьеров различных геолого-генетических комплексов пород.

Наиболее типичными месторождениями первой группы являются Сибиргинское и Томусинское, характеризующиеся довольно высокой устойчивостью пород в бортах карьеров. Углы наклона бортов составляют по данным расчетов 37-42°, при коэффициенте запаса 1,3 и условии предварительного осушения пород (табл. 1).

Средней степенно устойчивости характеризуются массивы горных пород, развитые в пределах Талдинского и Ерунаковского Южного углеразрезов.

В то же время для месторождений типа Уропского, представленных угленосными отложениями кольчугинской и тарбаганской серий, среди которых последние характеризуются повышенной обводненностью, общие углы наклона бортов при коэффициенте запаса 1,3 составляют не более 30-32°.

Близкие значения углов получены и для Ананьинского месторождения, хотя в его бортах преобладают отложения балахонской серии. Объяснение этому явлению следует искать в интенсивной нарушенности горных пород Ананьинского месторождения, собранных в кулисообразные складки дизъюнктивной тектоники и обладающих сравнительно невысокими прочностными показателями. Это ещё раз подчеркивает роль геотектонического развития в формировании физико-механических свойств пород и устойчивости их в бортах карьеров.

Таблица 2

Негативные последствия техногенных воздействий		
Компоненты окружающей среды	Техногенные воздействия	Негативные последствия
Геологическая среда	Извлечение больших объемов угля, выемки вскрышных пород и формирование глубоких выемок. Дренаживание подземных вод. Самовозгорание углей. Применение взрывных работ и горно-транспортного оборудования. Транспортирование угля, захоронение отходов производства и вредных веществ. Сооружение породных отвалов и шламохранилищ.	Изменение напряженно-деформированного состояния горных пород, снижение их прочности и устойчивости в бортах карьеров и отвалов. Развитие опасных геологических процессов в карьерах и откосах отвалов. Формирование техногенного ландшафта, сокращение площадей плодородных земель. Загрязнение почв, развитие микросейсмических явлений, деформирование зданий и сооружений.
Водные ресурсы	Осушение месторождений. Ликвидация или перенос поверхностных водоемов и водотоков. Сброс карьерных и дренажных вод. Устройство водозаборов для технических и бытовых нужд предприятия.	Нарушение гидрогеологического режима подземных вод. Истощение запасов подземных и поверхностных вод, их загрязнение. Исчезновение мелких рек и ручьев.
Воздушный бассейн	Организованные и неорганизованные выбросы вредных веществ в атмосферу.	Запыление и загрязнение атмосферы в рабочей зоне карьера и прилегающей территории. Рост числа заболеваний среди населения.

При разработке месторождений Кузбасса открытым способом на отдельных территориях наблюдаются необратимые изменения ландшафта и рельефа местности за счет глубоких выемок и высоких отвалов, в которых развиваются оползни. Такие территории практически трудно поддаются рекультивации.

Негативные экологические последствия техногенных воздействий приведены в таблице 2.

Для обеспечения геоэкологической безопасности необходимо разработать целевую комплексную программу мониторинга за развитием опасных техно-природных процессов и мероприятий по охране окружающей среды.

Список литературы:

1. Инженерно-геологические условия разработки открытым способом угольных месторождений Ерунаковского района Кузбасса и оценка состояния окружающей среды : [монография] / В. Е. Ольховатенко, Г. И. Трофимова ; Том. гос. архит.-строит. ун-т .- Томск : Издательство Томского архитектурно-строительного университета, 2011 .- 203 с.
2. Ольховатенко В.Е. Инженерно-геологические условия разработки открытым способом Алардинского угольного месторождения Кузбасса и оценка устойчивости бортов карьера/ В.Е. Ольховатенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит. – строит. ун-та, 2015.- 88 с.

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ В РАМКАХ РАЗРАБОТКИ ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПРОГРАММЫ «УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ЗАЩИТЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ»

Д.В. Власова, студент, А.Ю. Туманов, к.т.н., доцент

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, тел. 89138825717*

E-mail: darjavlasova16@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассмотрены и представлены основные формы обучения населения в области защиты в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

Анализ основных форм обучения показал, что для большинства категорий обучающихся актуальным является обучение с использованием современных технологий, т.е. дистанционное образование.

В результате исследований на базе Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого был разработан и реализован курс дистанционного обучения, как комплекс мероприятий, охватывающий поиск необходимой информации в сети Интернет, коммуникация, как с преподавателем, так и с обучающимися, обращение к базам данных, периодическим информационным изданиям, распространяемым посредством Интернет.

Abstract: This article reviewed and presented the main forms of public education in the field of protection in emergency situations.

Analysis of the main forms of education has shown that for most categories of students, it is relevant to study using modern technologies such as distance education.

As a result of research on the basis of the Higher School of Technosphere Safety at St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great, a distance learning course was developed and implemented as a set of measures covering the search for necessary information on the Internet, communication, both with a teacher and with students, access to databases data, periodical information publications distributed via the Internet.

Ключевые слова: обучение руководителей, дистанционный курс, чрезвычайная ситуация, профессиональная переподготовка.

Keyword: executive training, distance course, emergency, professional retraining.

Основная часть:

В современном мире все чаще случаются стихийные бедствия, катастрофы, аварии, чрезвычайные ситуации, военные конфликты. Для того, чтобы не нанести вред себе и окружающим, сохранить собственное имущество, материальные и культурные ценности, следует заблаговременно пройти обучение по защите в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

Большее значение имеет подготовка руководителей органов государственной власти, председателей комиссий по чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации и муниципальных образований в учебных заведениях повышения квалификации и переподготовки кадров.

Самым оптимальным для всех слоев населения, особенно для руководителей, является обучение по дистанционной форме. Данная форма предполагает обучение в различное время суток, что

позволяет обучаться без отрыва от работы, затрачивая при этом значительно меньше времени, чем при обучении на традиционных формах.

В связи с этим существует необходимость разработать дистанционный курс профессиональной переподготовки по программе «Управления безопасностью и защиты в чрезвычайных ситуациях», с учетом возможности расположения на электронной платформе.

Целью работы является повышение уровня безопасности путем развития практических навыков руководителей органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций в организации и проведении мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий.

Основные задачи, которые необходимо решить для достижения поставленных целей, следующие:

- изучить нормативно – правовую базу подготовки населения в области защиты в чрезвычайных ситуациях;
- провести анализ форм и технологий обучения по вопросам защиты в чрезвычайных ситуациях;
- формировать лекционный материал дистанционного курса по программе профессиональной переподготовки «Управления безопасностью и защиты в чрезвычайных ситуациях»;
- разработать и сформировать банк контрольных вопросов по дисциплинам дистанционного курса профессиональной переподготовки «Управления безопасностью и защиты в чрезвычайных ситуациях»;
- подготовить материалы дистанционного курса профессиональной переподготовки «Управления безопасностью и защиты в чрезвычайных ситуациях» к выкладке на электронную платформу.

За объектом исследования понимается процесс создания дистанционных курсов по программе профессиональной переподготовки в области техносферной безопасности.

Предметом исследования следует считать профессиональную переподготовку в области техносферной безопасности.

В Федеральном законе №68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» дается определение термину «чрезвычайная ситуация». Под ним понимается «...обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей».

В рамках единой системы подготовки населения все граждане проходят обучение в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В зависимости от категории слушателей обучение может осуществляться в Академиях гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), в учреждениях повышения квалификации министерств, департаментов, комитетов, администраций субъекта Российской Федерации и организаций, в учебно-методических центрах по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации, по месту работы, учебы и месту жительства граждан.

Согласно Постановлению Правительства РФ №547 «О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» определяет, что в подготовке в области защиты от чрезвычайных ситуаций подлежат:

1. лица, занятые в сфере производства и обслуживания, не включенные в состав органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
2. лица, не занятые в сфере производства и обслуживания;
3. лица, обучающиеся в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по основным общеобразовательным программам (кроме образовательных программ дошкольного образования), образовательным программам среднего профессионального образования и образовательным программам высшего образования (кроме программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программ ординатуры, программ ассистентуры-стажировки);
4. руководители органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций;
5. работники федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, специально уполномоченные решать задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и включенные в состав органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- б. председатели комиссий по чрезвычайным ситуациям федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций.

Каждая из выше выделенных групп обучается по специальной программе. Примерные программы определяют обязательный образовательный блок для всех категорий обучающихся с целью подготовки их к верным действиям при угрозе и возникновении различных видов опасностей, в том числе возникающих при военных конфликтах или в следствии эти конфликтов, а также в повседневной деятельности. В данных программах изложены организация и технология обучения, содержание занятий и расчет часов, а также требования к уровню знаний, умений и навыков населения, прошедшего обучение.

Основной целью подготовки руководителей органов государственной власти, председателей комиссий по чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации является выработка необходимых навыков, позволяющих квалифицированно планировать мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и умело руководить работами по их выполнению, а также привитие практических навыков по руководству действиями личного состава гражданских организаций.

На основе примерных программ формируется учебно-материальная база для обучения любых категорий населения в области безопасности жизнедеятельности - комплекс учебных объектов с учебно-методическими пособиями, материально-техническим обеспечением, предназначенных для обучения различных категорий населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Совершенствование системы подготовки населения по вопросам гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера невозможно без разработки и модернизации учебно-материальной базы. Для решения данных проблем создаются автоматизированные ситуационные центры для обучения руководящего состава РСЧС при региональных центрах, а также учебные заведения повышения квалификации и переподготовки руководящего состава министерств и ведомств к действиям в чрезвычайных ситуациях. В учебно-методических центрах по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации создаются компьютеризированные классы.

Исходя из современного биоритма, а также усовершенствований технических средств связи и возможностей сети Интернет, популяризируется дистанционная форма обучения на основе Интернет – технологий.

Дистанционное образование имеет ряд преимуществ:

- возможность доступа к курсу из любого места и в любое удобное время;
- возможность оперативной передачи на любые расстояния информации любого объема и вида (визуальной и звуковой, текстовой и графической, статичной и динамичной);
- возможность оперативного изменения информации через сеть Интернет со своего рабочего места;
- хранение информации курса в памяти компьютера в течение необходимого периода времени, возможность ее редактирования, обработки, распечатки и т.д.;
- возможность интерактивности с помощью специально создаваемой для этих целей мультимедийной информации и оперативной обратной связи;
- возможность доступа к различным источникам информации, в первую очередь Web-сайтам Интернет, удаленным базам данных, многочисленным конференциям через систему Интернет, работы с этой информацией;
- в случае территориально удаленных слушателей, обучение без затрат на учебные пособия, расходов на переезды, проживания в другом городе.

Недостатки дистанционного образования:

- отсутствие живого общения между обучающимся и преподавателем;
- необходимость в персональном компьютере и доступе в Интернет;
- сложность проверки знаний;
- высокая трудоемкость разработки дистанционного курса.

Успешность дистанционного обучения во многом зависит от:

1. охвата курсом всех этапов обучения и всех участников процесса обучения;
2. простоты интерфейса для обучающихся и преподавателей;
3. формы подачи учебного материала;
4. варианта коммуникации между обучающимися и преподавателей (например, форум, аудио или видео связь и т.п.).

При создании дистанционных курсов следует ознакомиться с Федеральным законом РФ №273 «Об образовании в Российской Федерации». Данный закон конкретизирует процесс обучения, разделяя его на три основные части: получение теоретических знаний, получение практических навыков, контроль полученных знаний и навыков.

Исходя из нормативных требований и анализа структур дистанционных курсов, формируется компоненты дистанционного курса такие, как:

- информация о курсе;
- цель курса;
- расписание курса (график прохождения тем или разделов, формы и время отчетности, расписание консультаций и т.п.);
- материалы курса;
- задания для самостоятельной работы;
- методические рекомендации;
- процедура оценки успеваемости;
- глоссарий;
- библиотека (ссылки на online-источники, электронные материалы для чтения и т.д.);
- тесты;
- обратная связь;
- дополнительные разделы.

Учитывая все вышеизложенное, создание дистанционного курса с целью профессиональной переподготовки начальников и работников организаций, должность которых связана с защитой от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, на сегодняшний день является крайне актуальной задачей.

Основная цель данного курса заключается в овладении знаниями, умениями и навыками, обеспечивающими компетентный подход к решению практических задач по защите в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, дающими право на ведение профессиональной деятельности в области техносферной безопасности.

На основании примерных программ, составленных МЧС России, обучения некоторых категорий граждан курс предполагает изучение нескольких дисциплин, поэтому для гибкости изучения предмета курс следует разделить на несколько модулей схожей смысловой нагрузки, содержащие примерно равное количество дисциплин.

Для каждой дисциплины следует продумать лекционные и практические занятия, нормативно-правовые документы, учебные пособия и другую дополнительную литературу. Не стоит забывать, что в конце дисциплин обучающиеся проходят аттестацию в форме тестирования, поэтому тесты при их разработке следует использовать разнонаправленные задания с выбором одного верного или нескольких вариантов ответа, а также задания на установление порядка и соотношение и т.п.

Успех пропаганды знаний в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера во многом зависит от умелой ее организации на местах, в широком использовании различных форм и методов ее проведения и активном применении современных и перспективных средств массовой информации и технических средств пропаганды.

В результате исследований на базе Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого был разработан и реализован курс дистанционного обучения, как комплекс мероприятий, охватывающий поиск необходимой информации в сети Интернет, коммуникация, как с преподавателем, так и с обучающимися, обращение к базам данных, периодическим информационным изданиям, распространяемым посредством Интернет.

В отличие от существующих разработанный курс дистанционного обучения «Управления безопасностью и защита в чрезвычайных ситуациях» позволяет более детально и структурированно изучить материалы курса с дальнейшим практическим применением полученных умений и навыков.

В дальнейшем такой курс может служить частью расширенной программы, предназначенной для обучения специалистов по направлению «Техносферная безопасность».

Список литературы:

1. Управление безопасностью в чрезвычайных ситуациях / [В. И. Гуменюк, Е. П. Рябинина, А. Ю. Туманов, Н. С. Хлобыстин] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, С.-Петерб. политехн. ун-т Петра Великого. - Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2017. – 122 с
2. Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 21.12.1994 г. №68-ФЗ (посл. ред.) // Консультант-Плюс : справ.-правовая система.
3. Постановление Правительства РФ "О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 04.09.2003 г. №547 (посл. ред.) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
4. Официальный сайт МЧС России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mchs.gov.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Н.А. Крючков Курс лекций и методические разработки по гражданской обороне и защите от чрезвычайных ситуаций для обучения работников организаций и других групп населения- М.: Институт риска и безопасности, 2011. - 471 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Л.И. Куулар, студент, А.Ю.Туманов, к.т.н., доцент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251,

г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,

тел. 89992442895 E-mail: kuular.lyuda@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассмотрены средства хранения жидких радиоактивных отходов, а также процесс их перевозки.

В ходе исследования рассмотрены аварийные ситуации при перевозке ЖРО. Был проведен расчет максимальных размеров взрывоопасных зон распространения метана.

Ключевые слова: жидкие радиоактивные отходы, танк-контейнер, опасный груз, перевозка, взрыв, железнодорожный транспорт.

Annotation. This article describes the means of storing liquid radioactive waste, as well as the process of their transportation.

During the study, emergency situations during the transportation of LRW were considered. The calculation of the maximum size of explosive methane areas was carried out.

Key words: liquid radioactive waste, tank container, dangerous cargo, transportation, explosion, railway transport.

Согласно данным ООН, доля опасных грузов в мировом грузообороте постоянно растет и в настоящее время достигает почти половины грузооборота. С перевозками опасных грузов связан существенный потенциал рисков чрезвычайных ситуаций. Актуальна необходимость в мероприятиях по сведению этого потенциала к уровню остаточных рисков, приемлемому для общества и государства.

В объеме грузов, перевозимых в России всеми видами транспорта, доля опасных грузов составляет порядка 20 %, или примерно 800 миллионов тонн. Из них 65 % приходится на долю автомобильного транспорта, около 30 % - на долю железнодорожного транспорта, примерно 5 % - на долю речного и морского транспорта и около 0,1 % - на долю авиации.

Актуальность обеспечения безопасности при транспортировании и перемещении грузов радиоактивных материалов является важнейшей межотраслевой проблемой, связанной с разработкой и реализацией комплекса мероприятий по противорадиационной защите и минимизации рисков возникновения нештатных ситуаций. Несмотря на существенное снижение за последние годы числа крушений и аварий на железных дорогах, количество браков в работе, аварийных ситуаций и инцидентов с опасными грузами (ОГ) практически не снижается, сохраняются риски возникновения транспортных происшествий при перевозке ОГ.

Целью исследования является повышения безопасности мультимодальных перевозок средств хранения жидких радиоактивных отходов.

Объектом исследования является средства хранения жидких радиоактивных отходов в мультимодальной перевозке.

Предметом исследования является процесс перевозки средств хранения жидких радиоактивных отходов.

В соответствии с целью работы выделены следующие задачи:

- обзор нормативной документации в области обеспечения безопасности при перемещении РМ железнодорожным и морским видами транспорта;
- анализ процесса перемещения жидких радиоактивных отходов железнодорожным путем;
- проведение идентификации опасностей аварий с учетом воздействия поражающих факторов аварий на персонал, население, имущество и окружающую среду;
- определение максимальных размеров взрывоопасных зон распространения;
- обоснование оптимальных вариантов применения технических и технологических решений, размещения средств хранения ЖРО
- определение степени опасности аварий для выбора наиболее безопасных проектных решений;
- разработка рекомендаций по обеспечению безопасности.

В данной работе рассматривается сценарий аварии:

Произошел взрыв цистерны с сжиженным газом, задевший вагон, в котором перевозился жидкий радиоактивный отход Co-60 в танк-контейнере (рис.1). Танк - контейнер, попадает в зону действия пожара, где температура достигает 1970 °С. За счет поражающих факторов взрыва цистерны с метаном, танк-контейнер частично обгорает и разрушается; происходит дальнейшее вовлечение контейнера в пожар, на который упаковка типа А не рассчитана согласно. Температура кипения Co-60 составляет 29 °С, и, так как упаковка разрушается, вся активность Co-60 вовлекается в облако горения пропана. Затем это горение прекращается, и облако продуктов сгорания вместе с Co-60 мигрирует.

Танк-контейнер представляет собой контейнер (рис. 1), состоящий из каркаса (рамных элементов) и цистерны, оборудованной сливной арматурой и устройствами для осуществления разгрузки как под действием силы тяжести, так и под давлением.

ИМО 1 (Т11-Т22) рис.1. В такой таре допускается перевозить опасные химические среды, а также вещества в условиях повышенного давления. Это щелочи, кислоты, бытовая химия, нефтепродукты. Может присутствовать верхний слив, что определяется свойствами жидкого груза. При необходимости оснащают теплоизоляционным слоем, системой паро- или электроподогрева.

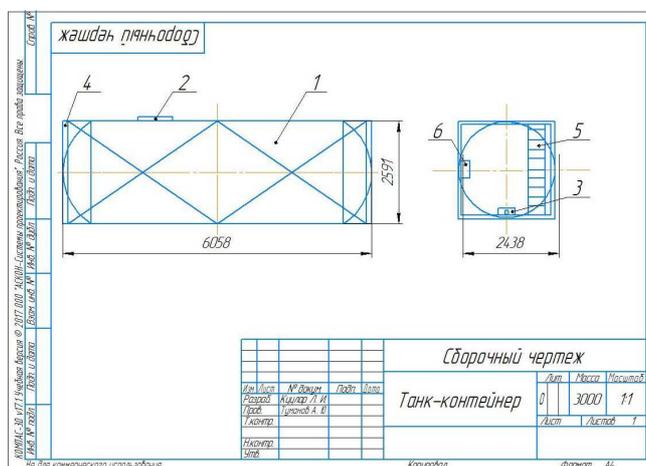


Рис. 1. Сборочный чертеж танк – контейнера

Танк-контейнер подходит для безопасной автомобильной, железнодорожным и морским (речным) транспортом во внутреннем и международном сообщении и хранения у грузополучателя жидких безопасных и опасных грузов. Танк-контейнер соответствует положениям Международной конвенции по безопасным контейнерам и Таможенной конвенции по контейнерам.

Был проведен расчет максимальных размеров взрывоопасных зон распространения метана рассчитывался по формулам (1) и (2). В ходе решения предполагалось, что размеры взрывоопасных зон распространения метана совпадают с размерами зон продуктов его сгорания вместе с РМ после прекращения горения. В дальнейшем облако продуктов сгорания пропана с РМ перемещается за счет ветра в неизмен-

ном состоянии. Для горючих газов геометрически зона будет представлять цилиндр с основанием радиуса R и высотой H , внутри которого расположен источник возможного выделения горючих газов.

$$R = 7,8 \times \left(\frac{m_r}{\rho_r \times N} \right)^{0,33}, \quad (1)$$

$$H = 0,26 \times \left(\frac{m_r}{\rho_r \times N} \right)^{0,33}, \quad (2)$$

где R – радиус взрывоопасной зоны распространения метана, м;
 H – высота взрывоопасной зоны распространения метана, м;
 m_r – масса метана, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации, кг;
 ρ_r – плотность газовой фракции метана при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;
 N – концентрационный предел распространения пламени метана.
 Плотность метана ρ_r вычислялась по формуле (3)

$$\rho_r = \frac{M}{V_0 \times (1 + 0,00366 \times t_r)}, \quad (3)$$

где ρ_r – плотность газовой фракции метана, кг/м³;
 M – молярная масса метана, кг/кмоль;
 V_0 – молярный объем, равный 22,314 м³/кмоль;
 t_r – расчетная температура, °С.

Плотность метана ρ_r , рассчитанная по формуле (3) с учетом молярной массы метана, равной $M = 16$ кг/кмоль, и расчетной температуры окружающего воздуха, принятой $t_r = 35$ °С, равна $\rho_r = 0,63$ кг/м³.

Чтобы рассчитать радиус и высоту горящего облака метана, необходимо определить массу вышедшего метана m_r при разгерметизации цистерны. При расчете массы вышедшего метана m_r было принято допущение – значение коэффициента k (фиксирующий коэффициент, который определяет массу m_r) принималось равным 0,01. Масса метана в цистерне была принята $m = 24500$ кг. Отсюда, масса вышедшего метана равна $m_r = 245$ кг, значение которой было рассчитано по формуле (4).

$$m_r = k \times m, \quad (4)$$

Минимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называется нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПР).

Максимальная концентрация горючих газов и паров, при которой еще возможно распространение пламени, называется верхним концентрационным пределом распространения пламени (ВКПР).

Значения концентрационных пределов распространения пламени пропана равны: НКПР = 2,3 %; ВКПР = 9,5 %. Задав в программе Matlab изменение значения концентрации $N1$ для метана от минимального (НКПР) до максимального (ВКПР) значения концентрационных пределов с шагом 0.001, приняв $N1 = 0.023, 0.024, \dots, 0.095$, и подставив в формулы (1) и (2) значение $N1$, были получены результаты зависимости изменения радиуса R и высоты H облака горения метана от изменения концентрации метана в нем, изображенные на рис. 2 и рис. 3

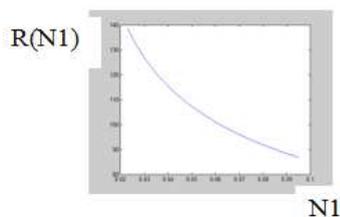


Рис. 2. Зависимость радиуса R взрывоопасной зоны распространения метана от концентрации пропана $N1$

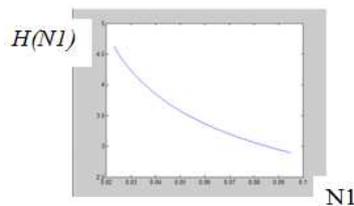
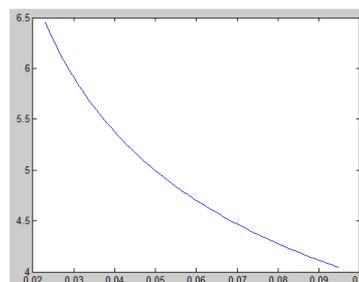
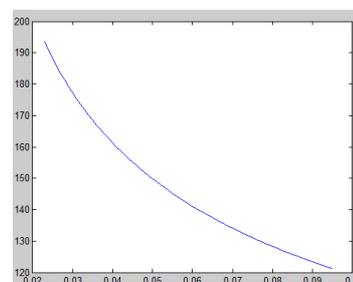


Рис. 3. Зависимость высоты H взрывоопасной зоны распространения метана от концентрации пропана $N1$

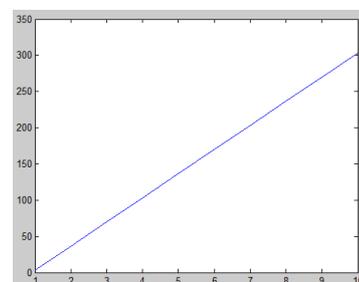
Из представленных на рис. 2 и рис. 3 графиков видно, что чем больше концентрация газа, тем меньше размеры взрывоопасных зон распространения метана, и тем больше вероятность возникновения взрыва. Поэтому при расчете размеров зон использовалось значение СВКПР = 9,5 % верхнего концентрационного предела распространения пламени метана для формул (1) и (2). Размер зон $R = 121$ м; $H = 4$ м. Расчеты зон распространения метана были выполнены в программе Matlab.

Листинг расчета. Расчеты размеров взрывоопасных зон распространения метана и расстояния, на которое переместится облако, за время

```
M=16;  
V0=22.413;  
t=35;  
p=M/(V0*(1+0.00367*t))  
m=0.01*24500  
p=0.6326  
m=245  
N=(0.023:0.001:0.095)  
R=7.8.*(m./(p.*N1)).^(0.33)  
plot(N1,R)  
  
H=0.26.*(m./(p.*c1)).^(0.33)  
plot(N1,H)
```



```
N2=9.5;  
R1=7.8*((m*100)/(p*N2)).^(0.33)  
H1=0.26*((m*100)/(p*N2)).^(0.33)  
S=(10:100:1000)  
V=3;  
T=S/V  
plot(T)  
R1 = 121.1979  
Z1 = 4.0399
```



Таким образом, в ходе исследования был произведен расчет максимальных размеров взрывоопасных зон распространения метана. Для территории России характерна скорость ветра от 3-6 м/с. Задав в программе Matlab изменение расстояния S , на которое переместиться облако продуктов сгорания метана вместе с РМ, со временем T при скорости ветра $V_v = 3$ м/с, была получена зависимость. Было определено, что при скорости ветра 3 м/с облако за 6 минут пройдет расстояние в 1 км. Это говорит о том, что рассмотренная ситуация при оседании облака на населенном пункте вполне вероятна. При этом необходимо учесть, что автомобильные дороги могут проходить и через населенные пункты, а некоторые города, являются пунктом формирования железнодорожных составов. Расчет расстояния, на которое переместиться облако, был выполнен в программе Matlab.

Список литературы:

1. Акимов В.А. Риски транспортировки опасных грузов : монография / В.А. Акимов, Ю.И. Соколов ; [МЧС России]. – М. : ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 275 с.
2. Туманов А. Ю. Научно-методические основы оценки риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на опасных технических объектах / А. Ю. Туманов, В. . Гуменюк. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2018.-135 с.

3. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов НП-053-16. – [Б.м.] : [Б.и.], 2016. – 85 с.
4. Вечерка А.А. Международные договоры и документы МАГАТЭ, регулирующие вопросы ответственности при транспортировании ядерных материалов // Право и государство: теория и практика. – 2011. – № 9 (81). – С. 110-114.
5. Бучельников А.Е. Обеспечение безопасности при транспортировании радиоактивных материалов / А.Е. Бучельников, В.Н. Ершов, А.М. Агапов // Безопасность окружающей среды. – 2009.
6. Шукин А. Транспортировка радиоактивных материалов: докл. Объединения Bellona [Электронный ресурс] / А. Шукин. – СПб., 2015. – 37 с.
7. Попова М.И. Обеспечение безопасности при транспортировании грузов радиоактивных материалов / Магистерская дис.

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ГРАДИРНЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И.Н. Мадышев¹, к.т.н., ст. науч. сотр., А.В. Дмитриев², д.т.н., зав. каф., А.И. Хафизова², студ.

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет

420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, тел. (843) 231-42-16

² Казанский государственный энергетический университет

420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, тел. (843) 519-42-58

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Аннотация: Разработана и описана технологическая схема работы градирни с трехпоточной системой охлаждения оборотной воды. Представлен новый блок оросителя градирни, состоящий из наклонно-гофрированных элементов и характеризующийся самораспределением жидкости по сечению аппарата, высокой пропускной способностью и сепарационной эффективностью. Разработанная система охлаждения промышленной воды позволяет сократить значительное количество химических реагентов, обеспечивая при этом высокую эффективность процессов теплообмена.

Abstract: The technological scheme of operation of the cooling tower with three-flow cooling system of circulating water is developed and described. A new cooling tower sprinkler unit consisting of inclined-corrugated elements and characterized by self-distribution of the liquid over the cross section of the apparatus, high throughput and separation efficiency is presented. The developed cooling system of industrial water allows to reduce a significant amount of chemical reagents, while providing high efficiency of heat and mass transfer processes.

Ключевые слова: охлаждение оборотной воды, бактериальное загрязнение, блок оросителя градирни, теплообмен.

Keyword: cooling of circulating water, bacterial contamination, cooling tower sprinkler unit, heat and mass transfer.

В системах оборотного водоснабжения при охлаждении циркуляционной воды в градирнях возникает проблема ее загрязнения из внешней среды пылью, спорами растений, микроорганизмами, содержащимися в воздухе, а также ржавчиной, взвешенными частицами, органического и неорганического происхождения, образующихся в самих теплообменных системах. За счет интенсивно развивающихся в водной среде при повышенных температурах микроорганизмов, на поверхностях внутренних теплообменников происходит процесс формирования биопленок или бактериальных обрастаний [1].

Наиболее популярными методами борьбы с загрязнениями являются: химический, механический, гидромеханический и др. Широкое распространение нашло использование химических реагентов, которые подаются в водную среду, вызывая гибель микроорганизмов. Однако данный способ имеет ряд недостатков: один вид реагента уничтожает определенные виды бактерий, для уничтожения же других, необходимо использование другого вида реагента. Еще одним недостатком химического метода является, тот факт, что микроорганизмы со временем адаптируются к среде, содержащий реагент и могут в ней развиваться. Сама закупка реагентов дорогостояща, так как требуется покупать их в достаточно больших количествах, а их подача в жидкость требуют дополнительных материальных и физических вложений. В связи с этим, необходимо разработать конструкции оросителей, которые учитывали бы все перечисленные требования [2].

Указанные проблемы решаются созданием технологических схем и соответствующего аппаратного оформления процессов бесконтактного испарительного охлаждения оборотной воды, схема-

точно представленная на рис. 1. В предлагаемой градирне организуется трехпоточная система движения воды и охлаждающего воздуха. Основными элементами градирни являются: блок оросителя 2, где происходит водораспределение и ее охлаждение; водосборный бассейн 3, вентилятор 1, который обеспечивает движение атмосферного воздуха; водяной насос 4.

Работа в бесконтактной испарительной градирне осуществляется следующим образом: горячая вода от оборудования, поступающая в объем аппарата разбивается на два потока таким образом, что основной поток (а) оборотной воды попадает в трубчатый радиатор, не контактируя с атмосферным воздухом. Второй поток воды (b) взаимодействует с потоком воздуха и охлаждается путем частичного испарения. Этот поток жидкости выступает хладагентом для основного потока, отводя его тепло через стенку труб. В связи с тем, что основная часть воды не контактирует с воздухом, различные примеси не поглощаются из него, следовательно, развитие микроорганизмов в среде становится не возможным. Поток воды (b) состоит из 5-6% горячей воды, поступающей от оборудования и воды, находящейся в водосборном бассейне, которая направляется обратно в точку ввода орошаемого потока с помощью водяного насоса. За счет испарения жидкости, в бассейне поддерживается один уровень воды.

Ороситель состоит из располагающихся в несколько рядов блоков насадок (рис. 2). Каждый блок насадки имеет одну точку ввода воды. Конструкция блока насадки представляет собой вертикальные стенки с четырех сторон, соединенные между собой, область в сечении которой образует квадрат. Внутри этого пространства располагаются пластины из тонкого металла 1 таким образом, чтобы их профиль представлял собой зигзагообразный элемент. Каждая пластина относительно другой располагается под углом 90°. Пластины представляют собой ленточно-поточные контактные элементы с горизонтальными гофрами округлого профиля. Наличие гофр на поверхности теплообмена создает значительную турбулизацию движущейся жидкости при сравнительно малой скорости потока [3]. На верхней части пластины располагаются трубы 2 в один ряд, направленные поперек гофр. Поток жидкости движется в углублениях пластин и направлен сверху вниз по зигзагообразной траектории. Часть жидкости проваливается вниз, вдоль поверхности стенки блока насадки, другая часть попадает на ниже расположенную пластину. В верхней части гофрированных элементов выполнены отверстия для прохода атмосферного воздуха. Воздух проникает в отверстия пластины, выталкивая в разные стороны капли воды, тем самым распыляя жидкость по всему объему насадки и по внешней поверхности труб. Движение потока воздуха носит зигзагообразный характер (на рис. 2 обозначен штриховой линией): проходя через отверстие, огибает трубу и движется вверх, турбулизируясь на поверхности металлической пластины.

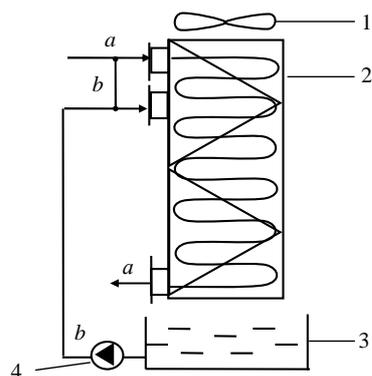


Рис. 1. Принципиальная схема градирни с самораспределением жидкости в объеме оросителя: 1 – вентилятор; 2 – блок оросителя; 3 – водосборный бассейн; 4 – водяной насос; а – основной поток горячей воды; b – орошаемый поток воды

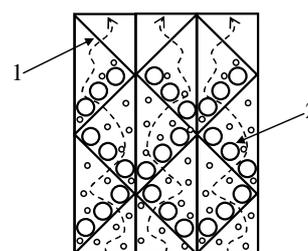


Рис. 2. Схема расположения ряда насадок: 1 – гофрированная пластина; 2 – труба

В предлагаемом блоке насадки выделяется несколько зон взаимодействия газожидкостных потоков: пленочное течение жидкости по наклонным гофрированным пластинам и горизонтальным трубам на поверхностях пластин; истечения струй через отверстия в пластинах; распад струй с образованием крупных капель и их дробление при последующем взаимодействии с потоком воздуха и пленкой жидкости.

Благодаря распылению и соударению капель жидкости о поверхность труб увеличиваются коэффициенты теплоотдачи с поверхности труб за счет испарения орошающей воды. Исследования различных авторов [4] показывают, что прирост коэффициентов теплоотдачи составляет до 30 раз при образовании пленки жидкости около нагретой поверхности и разбрызгивании капель воды по этой пленке.

Благодаря такому расположению пластин, в объеме насадки происходит самораспределение жидкости, а количество форсунок можно заметно сократить. Так же преимуществом данной конструкции является то, что каждая пластина, располагающаяся на ступень выше предыдущей, выступает в роли каплеуловителей, позволяя отказаться от дополнительной установки сепарационных устройств.

Таким образом, научно обоснованное управление структурой потоков воды и воздуха в предлагаемых бесконтактных испарительных градирнях позволит обеспечить интенсификацию процессов теплопереноса, существенно снизить потери воды из-за капельного уноса, и, тем самым, улучшить экологическую обстановку вблизи промышленных предприятий. Кроме того, применение разработанной трехпоточной схемы охлаждения оборотной воды позволит значительно сократить объемы используемых химических реагентов для сдерживания развития бактериальных отложений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-417.2019.8.

Список литературы:

1. Chichirova, N. D. Methods to reduce bacterial contamination of recycling cooling systems of a CHPP / N. D. Chichirova, A. A. Chichirov, S. M. Vlasov, A. Yu. Vlasova // Thermal Engineering. – 2015. – Vol. 62 (7). – P. 520-525.
2. Al-Bloushi, M. Performance assessment of oxidants as a biocide for biofouling control in industrial seawater cooling towers / M. Al-Bloushi, J. Saththasivam, S. Al-Sayeghc, S. Jeong, K. C. Ng, G. L. Amy, T. Leiknes // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2018. – Vol. 59. – P. 127-133.
3. Dmitrieva, O. S. Determination of the Heat and Mass Transfer Efficiency at the Contact Stage of a Jet-Film Facility / O. S. Dmitrieva, I. N. Madyshev, A. V. Dmitriev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2017. – Vol. 90 (3). – P. 651-656.
4. Лесухин, М. С. Экспериментальное изучение тепло и массообмена при конденсации водяного пара из паровоздушной смеси в аппарате с вертикальными контактными решетками / М. С. Лесухин, Д. А. Крючков, Л. Г. Григорян // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2015. – № 3. – С. 180-187.

ВНЕДРЕНИЕ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В КУЗБАССЕ НА БАЗЕ ПАК «СТРЕЛЕЦ–МОНИТОРИНГ»

Т.А. Утробина, к.т.н, старший преподаватель

Кемеровский государственный университет

650056, г. Кемерово б-р Строителей 47, тел(3842)-39-68-46

E-mail: tamara-mamontova@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрены вопросы предупреждения и оповещения населения о чрезвычайной ситуации. Приведена схема системы оповещения с учетом внедрения нового оборудования.

Abstract: The issues of warning and warning the population about an emergency are considered. A diagram of the warning system with the introduction of new equipment.

Ключевые слова: информационная система обмен данными, цифровая мульти сервисная система, региональная автоматизированная система централизованного оповещения.

Keywords: information system data exchange, digital multi-service system, regional automated centralized warning system.

Система оповещения населения Кемеровского городского округа в основном является частью развернутой на территории Кемеровской области региональной автоматизированной системы централизованного оповещения далее РАСЦО. РАСЦО Кемеровской области, представляет собой организационно–техническое объединение сил, средств связи и комплексов технических средств оповещения (П–157, П–160, П–162 и П–164 электросирен, СГС–22М, рупорных громкоговорителей), технических средств телерадиовещания филиала РТРС «Кемеровский ОРТПЦ», технических средств Кемеровского филиала ОАО «Ростелеком», сетей проводного вещания, каналов сети связи общего пользования Кемеровского филиала ОАО «Ростелеком» и других операторов связи), сетей вещания,

каналов сети связи общего пользования. В частности, на территории Кемеровского городского округа имеется: 63 электросирены, 15 сирен с ручным управлением, 1 СЦВ на 500 абонентов, КТСО ТРВ, оповещение по средством СМС рассылки через операторов сотовой связи (МТС Кемеровская обл., Мегафон Кемеровская обл., Билайн Кемеровская обл.) [1,4].

Перекрытие средствами оповещения является недостаточным, что недопустимо. Так же имеющееся оборудование не позволяет доводить информацию оповещения по другим, востребованным населением каналам.

В настоящее время в Кемеровской области эксплуатируется ряд систем и комплексов мониторинга и прогнозирования природных и техногенных чрезвычайных ситуаций.

Система контроля аварийных выбросов эксплуатируется на 24 химически опасных объектах (далее – АСКАВ) на территории 7 городов Кемеровской области. АСКАВ предназначены для решения оперативного обнаружения аварии на химически опасных объектах, оценки, прогнозирования и своевременного оповещения производственного персонала. Посты контроля системы АСКАВ располагаются на химически опасных объектах в частности в г. Кемерово – на шести объектах. Все установленные системы АСКАВ выведены на пульт дежурного диспетчера ДДС объекта[3].

В соответствии с требованиями по Противопожарной безопасности в сложных зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, в том числе в высотных зданиях, особенно социальные объекты и объекты здравоохранения оборудованы техническими средствами оповещения при угрозах и рисках развития крупных пожаров. В настоящее время эти системы функционируют в автономном режиме и не обеспечивают сопряжение с существующей системой оповещения населения[6].

В департаменте лесного комплекса Кемеровской области функционируют система видеонаблюдения "Лесной Дозор. Она предназначена для непрерывного мониторинга леса и раннего обнаружения лесных пожаров. Система "Лесной Дозор" позволяет осуществлять мониторинг территории на расстоянии до 35 км от точки мониторинга, с высокой оперативностью обнаруживать лесные пожары, определять их точное направление до 1 градуса и координаты до 250 м места возгорания. В Кузбассе пользователем системы "Лесной Дозор" является региональная диспетчерская служба Департамента лесного комплекса Кемеровской области.

Ведомственная система мониторинга лесопожарной обстановки «Ясень» обеспечивает контроль лесных пожаров по данным наземных, авиационных наблюдений, космического и видомониторинга[5].

В Кемеровской области пользователем системы «Ясень» является региональная диспетчерская служба Департамента лесного комплекса Кемеровской области. Вся информация системы «Ясень» аккумулируется на сервере региональной диспетчерской службы Департамента лесного комплекса Кемеровской области.

На всей территории Кемеровской области функционируют низовая наблюдательная сеть Росгидромета, в которую включены метеорологические и гидрологические станции, а также автоматические посты измерения уровня воды[6].

Исходя из анализа состояния существующей системы оповещения населения в Кемеровском городском округе, необходимо произвести ее модернизацию так как она не обеспечивает полного охвата населения [4]. В качестве оборудования предлагается использовать ПАК «Стрелец–мониторинг».

Построение системы оповещения населения на базе ПАК «Стрелец–мониторинг» соответствует:

- указу Президента РФ от 13.11.2012 №1522 «О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций»;

- постановлению Правительства РФ от 13.05.2017 №410 «Об утверждении требований к анти-террористической защищенности объектов»;

- так как на территории Кемеровского городского округа уже развернута система мониторинга на базе ПАК «Стрелец–мониторинг», то внедрение системы оповещения на базе этого комплекса значительно сократит затраты;

- расширение сети радиооборудования ПАК «Стрелец–мониторинг» значительно повысит эффективность уже развернутой системы мониторинга и создаст прецедент для более быстрого приведение объектов в соответствие с требованиями Федерального закона от 22.07.2008 N 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

Одной из особенностей ПАК «Стрелец–мониторинг» является сведение практически к нулю отрицательного влияния рельефа местности и плотности застройки на качество радиосвязи. Этот факт обусловлен тем, что каждая ОС работает не только на прием и передачу сигнала с пульту станции, но и является ретранслятором для ближайших ОС. Соответственно при увеличении плот-

ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ПРИ РАБОТЕ ВАХТОВЫМ МЕТОДОМ

А.К. Лукьянов, аспирант,

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30,

тел. +7-923-426-55-58, E-mail: alexandrlukianoff@yandex.ru

Аннотация: Целью данной работы было сравнение данных по результатам социально-психологических исследований, проводимых российскими учеными. Объектом всех исследований были социально-психологические аспекты адаптации при работе вахтовым методом. В работе был проведен сравнительный анализ научных исследований, в которых авторы рассматривали реакцию организма и психики на негативные факторы при работе на Крайнем Севере вахтовым методом. Отмечается противоречивость полученных данных и отсутствие системных обобщений этих данных. В исследовании показано, что поскольку реакция организма и психики на негативные факторы отличается большим индивидуальным и индивидуальным разнообразием, одним из самых перспективных направлений снижения негативных последствий влияния Севера представляется комплексный подход, учитывающий это разнообразие не только на физиологическом, но и на психоэмоциональном уровне. Выявлено особое значение совершенствования процессов адаптации персонала для снижения влияния человеческого фактора на аварийность.

Abstract: The purpose of this work was to compare the data on the results of socio-psychological research conducted by Russian scientists. The object of all research was the socio-psychological aspects of adaptation when working on a rotational basis. A comparative analysis of scientific studies was conducted in which the authors considered the reaction of the organism and the psyche to negative factors when working in the Far North on a rotational basis. The inconsistency of the data obtained and the absence of systemic generalizations of this data are noted. The study showed that since the reaction of the organism and the psyche to negative factors is distinguished by a great individual and individual diversity, one of the most promising ways to reduce the negative effects of the influence of the North is an integrated approach that takes into account this diversity not only at the physiological but also at the psychological and sociological level. The special importance of improving the processes of personnel adaptation to reduce the influence of the human factor on the accident rate has been revealed.

Ключевые слова: Безопасность, вахтовый метод, особые условия труда, опасный производственный объект.

Keyword: Safety, rotational basis, special working conditions, hazardous production facility.

Актуальность предлагаемого исследования заключается в том, что рассматривается проблема адаптации работников нефтегазовых компаний к условиям Крайнего Севера. Арктика сегодня находится в центре геополитики. Условия работы на месторождениях по-прежнему остается одним из экстремальных в профессиональном плане видов деятельности. Необходимо подчеркнуть, что люди имеют различный адаптационный потенциал и необходимо персонализировать особенности адаптации работников. Основной задачей проанализированных социально-психологических исследований являлось совершенствование процессов адаптации к условиям работы в районах Крайнего Севера вахтовым методом. Необходимо отметить важность разработки стратегий преодоления, направленных на приспособление человека к условиям мобильного образа жизни при наличии экстремальных природных условий. Для анализа были выбраны работы, позволяющие увидеть проблему комплексно. В работе «Социологические аспекты вахтового труда на территориях севера Западной Сибири» А.Н.Силин отмечает, что жизнь в движении, мобильный образ жизни вахтовиков требует постоянных комплексных исследований социологов, психологов, физиологов, правоведов, антропологов, представителей других научных направлений. Сами вахтовики оценивают свою жизнь как «состоящую из двух половин» или просто «двойную».

Необходимо отметить, что социально-психологическое состояние человека влияет на его работу, в частности увеличивает риски, существующие на производстве. Труд на нефтегазовых месторождениях характеризуется как тяжелый и очень тяжелый. Это условие определяет дополнительные риски производственных процессов, кроме собственно экстремально средовых. На всех технологических этапах ведения работ присутствует высокая взрыво- и пожароопасность, что предопределяет присутствие значительного нервно-эмоционального напряжения. Определим комплекс факторов, оказывающих влияние на здоровье работников буровой бригады:

- создание и внедрение машин высокой мощности, использование пневматического и электрического инструмента с целью механизации тяжелых и трудоемких работ, широкое внедрение самоходных машин способствуют увеличению уровней шума и вибрации, появлению ультра- и инфразвука;
- освоение северных и северо-восточных регионов страны создает условия для выполнения различных видов работ при низких температурах;
- интенсивное внедрение множества новых химических веществ, в том числе токсичных, является причиной ухудшения микроклимата рабочего места;
- увеличение скорости функционирования станков, машин, сложность управления технологическими операциями и процессами приводят к возрастанию психоэмоциональной напряженности трудовой деятельности человека.

Добавим к этим факторам комплекс неблагоприятных метеорологических условий: сочетание высоких и низких температур, солнечная радиация, осадки, пыльные бури и др. С другой стороны, шум, уровень которого высок в процессе бурения, общая и локальная вибрация при длительном воздействии на человеческий организм могут оказывать серьезные деструктивные воздействия на него. Также опасность могут представлять химические реагенты, используемые для приготовления и контроля свойств буровых, тампонажных растворов, прочих технологических жидкостей, мелкодисперсная пыль, ионизирующее излучение

В этой связи важно отметить, что стратегии преодоления (копинг-стратегии) для различных категорий работников могут быть разными. Необходимо учитывать адаптационные особенности разных категорий работников. Сегодня в российских и зарубежных исследованиях особое внимание уделяется поведению людей во время стресса. Это исследование психоэмоциональной сферы как совокупность проявлений реакций человека в виде эмоций и чувств, что характеризует личность. В этой связи важным является признание работниками вахтового метода как стрессовой ситуации.

Исследователи дают следующие рекомендации по совершенствованию механизмов социально-психологической адаптации при работе вахтовым методом:

Отметим, что снижение травматизма при работе вахтовым методом во многом зависит от социально-психологических методов, связанных с изучением копинг-стратегий. Например, существует такой вид копинг-стратегии как «поиск эмоциональной поддержки», речь идет о том, что нервозность, вызванная нахождением далеко от родных людей, побуждает человека к общению с домом. И наличие устойчивой связи с домом поможет преодолеть чувство «оторванности от дома», тем самым снижая уровень тревожности, а, следовательно, снижая уровень травматизма.

Одновременно с изучением стратегий преодоления снижению уровня травматизма способствуют:

1. распределение работников по специальностям в соответствии с результатами психологического отбора;
2. сопровождение адаптационных процессов в профессиональной деятельности и жизнедеятельности в вахтовом поселке.
3. улучшение комфортного жизнеобеспечения работников во время вахтового заезда;
4. психологическое и материальное стимулирование труда персонала
5. рекомендовано обратить внимание на совершенствование работ, при выполнении которых максимальная психофизиологическая нагрузка приходится на сенсорную координацию. В этой связи рекомендовано более широкое использование современных имитационных и тренажерных систем.

Список литературы:

1. Силин А.Н. «Социологические аспекты вахтового труда на территориях севера Западной Сибири»// Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 4 (40) 2015. URL: <http://esc.vscs.ac.ru/article/683/full>
2. Тарасов, В.Н. Возможные факторы риска у рабочих при бурении, добыче и переработке природного газа с высоким содержанием сероводорода // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 10 – С. 130-132
6. Теоретическая модель психологической адаптации. URL: <https://www.monographies.ru/ru/book/section?id=4547>
3. Повышение эффективности охраны труда. URL: <http://www.professionalgroup.ru/resheniya/effektivnost/snizhenie-potencialnyix-poter.html>
4. Национальная психологическая энциклопедия. URL: <https://vocabulary.ru/termin/terblig.html>

5. Кролевец О. П., Самченко Е. М. Особенности психоэмоциональной сферы как фактор копинг-поведения в профессиональных стрессовых ситуациях лиц, работающих вахтовым методом // Вестник Омского университета. Серия «Психология». 2015. № 2. С. 10–15.

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ.

*И. В. Боголюбова аспирант 1-го года обучения, А. Г. Ушаков, к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева*

650000, г. Кемерово ул. Весенняя, 28, телефон 8 (3842) 39-69-60

Аннотация: Проблема утилизации органических отходов является особенно актуальной и не решённой. В настоящее время вокруг многих предприятий накоплено большое количество органических веществ, которые при правильном решении проблемы их утилизации могут дать дополнительную прибыль и, одновременно, превратить предприятия в практически безотходные [1].

Annotation: The problem of recycling organic waste is particularly relevant and not solved. Currently, many enterprises have accumulated a large amount of organic substances, which, if properly addressed, the problems of their disposal can give additional profit and, at the same time, turn enterprises into practically waste-free [1].

Therefore, promising is the search for effective technological solutions for recycling waste and obtaining useful energy and products. Of the technologies used in Russia, the most common and tested methods of processing organic waste are: biogas production by anaerobic collection; thermal processing by gasification and pyrolysis; burning [1].

Ключевые слова: органические отходы, биомасса, технологическая установка.

Keywords: organic waste, biomass, process plant.

Цель данной работы – снижение уровня антропогенной нагрузки на окружающую среду от органических отходов за счет разработки технологий получения газообразных энергоносителей (биогаз, синтез-газ) из органических веществ.

Объект исследования – технологии переработки отходов сооружений биологической очистки воды.

Предмет исследования – разработка технологии переработки отходов сооружений биологической очистки водыв синтез-газ.

Для осуществления цели работы поставлены следующие задачи исследования:

1. Проанализировать проблемы в области обращения с органическими отходами и их негативного воздействия на окружающую среду.
2. Разработать технологическую схему получения газообразных энергоносителей из органических отходов.

Согласно выполненным исследованиям и в соответствии с принятым направлением оптимизации параметров была разработана технологическая схема установки комплексной термической переработки биомассы с получением газообразных энергоносителей (рисунок 1) [2].

По данной технологии механически обезвоженный избыточный активный ил со склада подается в бункер с питателем 1. После ленточного питателя, ИАИ поступает в аппарат смешения 2, куда из резервуара 15 подается с помощью дозатора вода. Для достижения оптимальной влажности смеси, дозирование осуществляется автоматически, полученную смесь героторным насосом 12 подают в метантенк 3. В данном метантенке осуществляют процесс сбраживания при периодическом перемешивании [3].

После сбраживания полученный биогаз поступает в когенерационный центр 4. В данном центре происходит получение тепловой и электрической энергии. Полученная электрическая энергия будет снабжать каждое оборудование технологической схемы, а полученная тепловая энергия будет обогревать помещения. Сброженный остаток поступает в аппарат смешения 2, также в данный аппарат подают древесные отходы из бункера с ленточным питателем 1, туда же из емкости с водой 15, для создания оптимальной влажности полученной смеси подается вода. Далее, полученную смесь отправляют в барабанный гранулятор 5. После формования полученные топливные гранулы поступают в сушильный аппарат, где высушиваются при температуре 105 °С, в течение 1,5-2 ч. до достижения постоянной массы [3].

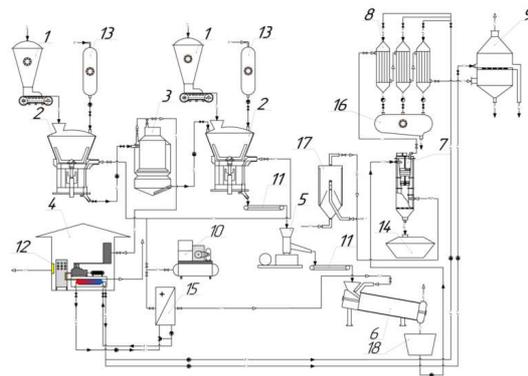


Рис.1. Установка комплексной термической переработки биомассы:

Аппараты: 1 – бункер с питателем, 2 – аппарат смешения, 3 – метантенк, 4 – когенерационный центр, 5 – гранулятор, 6 – сушильный аппарат, 7 – газификатор, 8 – зольник, 9 – скруббер, 10 – компрессор, 11 – ленточный транспортер, 14 – трансформатор, 15 – емкость с водой, 16 – емкость для сбора золы, 17 – калорифер, 18 – емкость для сбора конденсата

Линии: И1 – избыточный активный ил, Ж1 – вода холодная, Ж2 – вода горячая, Б1 – биогаз, М1 – биомасса, О1 – древесные отходы, Т1 – топливные гранулы, Т2 – сухие топливные гранулы, В1 – воздух, В2 – горячий воздух, Г1 – синтез-газ, Г2 – очищенный газ, Т1 – теплота от сгорания, К1 – конденсат, ТП1 – теплоноситель, ТВ1 – твердый остаток, Э1 – электричество, Ш1 – шлам, ПКД1 – парокислородное дутье, П1 – пар, КИС – кислород.

После этого топливные гранулы с помощью ленточного транспортера 11 поступают в приемный бункер для гранул, из которого их направляют в газификатор 7. В газификатор подается парокислородное дутье из ресивера. В данном оборудовании происходит смешение пара и кислорода. Сжатый газ под высоким давлением поступает в ресивер через патрубков, располагаемый в нижней части корпуса.

Внутри происходит охлаждение и расширение газа. За счет свободного перемещения газа еще больше понижается его температура. Понижение температуры способствует образованию конденсата и отложению масел на днище или в нижней части. Оставшийся конденсат удаляется через специально предназначенный штуцер, а отложенные масла – через люк в нижней части. Для получения кислорода используются адсорбционные кислородные установки. Газификатор представляет собой цилиндрическую металлическую емкость с герметично завинчивающейся крышкой, из нижней части газификатора 7 отводится твердый продукт, который хранится в емкости для сбора золы 16. Полученный синтез-газ с температурой 700 °С поступает на последовательное охлаждение в холодильники. В нижней части холодильников смонтирован конденсатоотводчик. Конденсат скапливается в емкости для сбора конденсата 18.

Охлажденный синтез-газ с температурой 25-30 °С поступает на окончательную очистку в скруббер 9. После этого, очищенный и охлажденный синтез-газ поступает потребителю.

Синтез-газ предлагается использовать для отопления помещений и т. п., в быту. Потребителями также могут быть котельные установки, снабжающие население горячей водой, дизельные электроустановки.

Вывод

Аналитический обзор существующей техники и технологии термической переработки отходов показал, что процесс газификации в отличие от традиционных методов, позволяет помимо полной переработки отходов получить смесь горючих газов – генераторный газ, который можно использовать не только в горелочных устройствах и котлах для получения горячей воды, пара или электроэнергии, но и для технологических целей для производства новых синтезированных продуктов.

Список литературы:

1. Тимербаев, Н.Ф. Газификация органических видов топлива [Текст] / Н.Ф. Тимербаев, Р.Г. Сафин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 1. – С. 326-329
2. Теплоэнергетические основы промышленной слоевой газификации растительной биомассы, Сергеев В.В., автореф. докторской диссертации, СПб, 2009 г., 32 с.
3. А.Н. Грачев Совершенствование техники и технологии процесса термической переработки древесных отходов // Автореферат дисс. канд. техн. наук, Казанский государственный технологический университет, Иваново, 2005 г. – 16 с.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Абакшина М.В. 124
 Абанина Е.Н. 364
 Аббасова Е.В. 361
 Абрамова И.Г. 279
 Алексеева Ю.Е. 58
 Арбузов В.Е. 72
 Арсланова Г.Р. 86
 Асадчий К.С. 110
 Афанасьев А. Ю. 166, 163
 Бабакова Е.В. 141
 Баронова Д.В. 72
 Бегляков В.Ю. 110
 Безухов К.А. 179
 Бекмешов А.Ю. 284
 Белобородов В.С. 208
 Боголюбова И.В. 991
 Бондарева Е.М. 303
 Бондаренко С.П. 253
 Борзенко А.Л. 72
 Боровикова А.В. 253
 Бородин Ю.В. 307
 Булышева Л.А. 200
 Буялич Г.Д. 153
 Буялич К.Г. 153
 Бычков О.А. 373
 Бяков М.А. 153
 Важдаев А.Н. 275
 Важдаев А.Н. 238
 Валиев А.А. 235
 Власов А.В. 179
 Власова Д.В. 376
 Габидуллин А.М. 86
 Газенаур Е.Г. 33
 Герасимова Е.А. 327
 Герасимова О.О. 327
 Графкина М.В. 313
 Гребенникова О.А. 323
 Гребенюк Я.В. 191
 Грушевская А.К. 305
 Гумеров Д.Р. 121
 Гурьянов А.В. 36, 41
 Девойно О.Г. 160, 63
 Деменкова Л.Г. 344, 348
 Демчук Е.В. 211
 Джаборов Ш.Р. 344, 348
 Дмитриев А.В. 173, 384
 Дорофеева М.С. 103
 Дорофеева Т. И. 103
 Драгунова Е.В. 226, 295, 299
 Драгунова Л.С. 226, 295
 Дьяченко Е.П. 136
 Епифанцев К.В. 124, 309, 51, 56, 58, 72
 Зайцева С.В. 243
 Заколдаев Д.А. 36, 41
 Замалиева А.Т. 318
 Запевалов М.В. 339
 Запевалов С.М. 339
 Захаров О.В. 97
 Захарова А.А. 191, 288
 Зернин Е.А. 184
 Золотухин К.В. 124
 Ибрагимов Е.А. 141, 175
 Иванов В.Н. 11
 Изотова А.И. 110
 Инденко О.Н. 169
 Карауш С.А. 327
 Катаев М.Ю. 200
 Качаева С.Г. 197
 Кешкина К.А. 33
 Кийко П.В. 211
 Клопотов А.А. 179
 Клюева Е.Г. 243, 248
 Кожухарь Т.А. 351
 Коперчук А.В. 107
 Котляров Р.В. 221
 Кроль А.Н. 359
 Кузьмина Л.В. 33
 Кульга К.С. 235
 Куулар Л.И. 380
 Лазарева А.Н. 288
 Лапковский А.С. 160, 63
 Лежнев С.Н. 11, 9
 Литвинова И.А. 336
 Лосева Н.В. 200
 Лошенко А.О. 253
 Лукьянов А.К. 389
 Луцко Н.И. 63
 Лучинович А.А. 81
 Мадьшев И.Н. 173, 384
 Макаров В.Ф. 208
 Малышева В.Е. 361
 Малькова Я.Ю., 117
 Мамайсур Д.В. 336
 Мартынов Р.С. 158
 Марчук В.И. 265
 Маслов А.В. 206
 Меньщикова О.В. 354
 Михалёва А.А. 361
 Мицель А.А. 238
 Мишура Т.П. 56
 Момот М.В. 255
 Момот П.М. 255
 Московский С.В. 16
 Мусафиров Г.Я. 100, 138, 368
 Набиуллин Р.Н. 114
 Назаренко О.Б. 325
 Найзабеков А.Б. 11
 Наумов С.А. 124
 Новикова А.Л. 325
 Новоселов И.Ю. 188
 Овчаренко А.Г. 202
 Около-Кулак П.А. 51
 Ольховатенко В.Е. 373
 Пак А.Я. 158
 Панин Е.А. 9
 Петров Е.В. 197
 Петухова О.С. 156
 Пилипчук А.П. 160
 Питрюк А.В. 313
 Поболь О.Н. 329
 Подгорных О.А. 88, 91, 94
 Позднякова П.А. 58
 Помогаев В.М. 216
 Попова Е.А. 305
 Прожорина Т.И. 323
 Прокопенко С.А. 76
 Пустовалова Н.В. 226, 295
 Разумников С.В. 267, 271
 Ранде В.Р. 307
 Редреев Г.В. 211, 216, 339, 81
 Родионов П.В. 303
 Родченков М.Н. 9
 Романов Д.А. 16
 Рыбаков А.В. 136
 Рыбушкин Н. А. 166, 163
 Рязанов А.А. 223
 Савченко Н.К. 248
 Сапожников С.В. 45
 Сапрыкин А.А. 141, 175
 Сапрыкина Н.А. 175
 Сафин Р.Г. 121, 86
 Сафонов В.В. 45
 Свиридова Е.Ю. 313
 Семенцов В.В. 76
 Сергеев В.П. 103
 Сергеев Н.С. 339
 Скроботов А.А. 232
 Смирнов В.В. 202
 Смирнова Е.А. 156
 Смирнова Н. К. 354
 Соколов А.П. 117, 81
 Соснин К.В. 16
 Степанова Т.О. 121
 Стрековцова Е.А. 292
 Судариков А.В. 184
 Сурмило А.А. 58
 Сысолов К.В. 307
 Тамбиев М.Ш. 97
 Татаринцев В.А. 129, 144
 Телипенко Е.В. 275
 Теплова Д.С. 370
 Теслев С.А. 186
 Теслева Е.П. 186
 Тимофеев Л.А. 364

Титова М.С. 56
Тихонов А.Е. 188
Ткаченко К.С. 193
Толстошеев А.К. 129, 144
Торгулькин В.В. 221
Трифонов Г.И. 47
Туманов А. Ю. 380
Туманов А.Ю. 376
Тунцев Д.В. 114
Усенкова М.А. 284
Утробина Т.А. 386, 305
Ушаков А.Г. 991
Филимоненко А.Г. 184
Филиппов А.В. 88, 91, 94
Фирсов А.М. 202
Фирсов Г.И. 329
Хайруллина М.Р. 114
Хафизова А.И. 384, 173
Чернышева Т.Ю. 232
Чернышов А.В. 206
Чернышова Н.А. 373
Четыркин Ю.Б. 339
Чуднов Ю.Н. 68
Шакирова Ю.К. 248
Шамарин Н.Н. 88, 91, 94
Шилов Д.А. 51
Шимохин А.В. 216
Шишкарев М.П. 21, 27
Шорин А.Н. 243
Шукалов А.В. 36, 41
Эргешов Р.Ш. 299
Юркина В.А. 149
Юшкевич Г.К. 138, 368
Ягудин Т.Г. 156
Якимчик Л.В. 100
Янгалов А.П. 344, 348
Яскевич Д.И. 284

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
X Международной научно-практической конференции

**Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание
представленной информации ответственность несут авторы**

Компьютерная верстка и дизайн обложки
Э.Ф. Кусова

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета**



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ