

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
VII Международной научно-практической
конференции

19-21 мая 2016 года
Юрга

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

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
VII Международной научно-практической конференции

19–21 мая 2016 г.

Томск 2016

УДК 62.002:658(063)
ББК 34.4:65л0
И66

И66 **Иновационные технологии в машиностроении** : сборник трудов VII Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 461 с.

ISBN 978-5-4387-0648-9

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

Материалы сборника представляют интерес для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов технических и экономических специальностей.

УДК 62.002:658(063)
ББК 34.4:65л0

Ответственный редактор
Д.А. Чинахов

Редакционная коллегия
А.А. Захарова
Е.А. Зернин
А.А. Казанцев
А.А. Моховиков
С.А. Солодский
Е.Г. Фисоченко

ISBN 978-5-4387-0648-9

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕТАЛЛА КОРПУСА СТУПИЦ РЕДУКТОР-МОТОР КОЛЕСА БЕЛАЗА ПОСЛЕ РЕМОНТА <i>Абабков Н.В.</i>	13
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ СТЕРЖНЕЙ ВКРЕСТ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ <i>Бусыгин С.Л., Прокураева Э.Э., Бусыгина Е.К.</i>	18
О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ С ДЕЙСТВИЕМ ПРМП НА ТВЕРДОСТЬ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СЛОЯ НАПЛАВЛЕННОГО ДУГОВЫМ СПОСОБОМ ПРОВОЛОКОЙ ПОД ФЛЮСОМ <i>Носов Д.Г., Перемитько В.В., Барашкин М.</i>	22
ЛАЗЕРНО-ДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ <i>Цибульский И.А., Сомонов В.В., Ахметов А.Д.</i>	28
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВОВ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ НАПЛАВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ <i>Козырев Н.А., Уманский А.А., Титов Д.А., Гизатулин Р.А.</i>	33
ВЫПЛАВКА ФЕРРОСИЛИКОХРОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ <i>Жунусов А.К., Кулинич В.И.</i>	40
О КАЧЕСТВЕ СВАРНЫХ ШВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ <i>Анахов С.В., Пыкин Ю.А., Матушкин А.В.</i>	42
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ДОМОВ <i>Будников А.А., Павлов Е.В.</i>	46
ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ ТОКА ПРИ АРГОДУГОВОЙ СВАРКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ <i>Гордынец А.С., Скрипко С.И.</i>	49
ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ <i>Карцев Д.С.</i>	53
МОДЕРНИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ – КАК РЕШЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОЙ ЗАДАЧИ ПО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЮ <i>Крампит А.Г., Крампит Н.Ю., Габитов Э.К.</i>	59
ВОПРОСЫ СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	64
ИЗНОСОСТОЙКИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	68
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	73

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ ПОКРЫТИЙ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЕЙ В КИСЛЫХ СРЕДАХ*	
<i>Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Селиванов Ю.В.</i>	75
ВЫЯВЛЕНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ФОРМЫ ОБОЛОЧКИ ВНЕШНЕГО КОРПУСА МОДУЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ ГЕОХОДА	
<i>Солдатова А.А.</i>	81
РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ФОРМУ НАПЛАВЛЯЕМОГО ВАЛИКА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ	
<i>Чинахов Д.А., Григорьева Е.Г., Майорова Е.И.</i>	85
СЕКЦИЯ 2: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВОГО ЖЕЛЕЗОГРАФИТА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ОКСИДИРОВАНИЕМ	
<i>Намазов С.Н., Джафарова А.А., Гахраманов В.Ф.</i>	91
ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В СТАЛИ С БЕЙНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ	
<i>Аксёнова К.В., Громов В.Е., Никитина Е.Н.</i>	94
ФРАКТОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СИЛУМИНА, ПОДВЕРГНУТОГО ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ	
<i>Аксёнова К.В., Громов В.Е., Коновалов С.В.</i>	98
ПЛАЗМЕННЫЙ РЕАКТОР ДЛЯ СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
<i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г.</i>	102
РАСЧЕТ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ПРЕССА	
<i>Аксютин В.А., Скотников А.А., Шабанов А.С.</i>	106
ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	
<i>Губайдулина Р.Х., Давлатов Г.Д.</i>	112
МИКРОТВЕРДОСТЬ ВАЛИКОВ ИЗ СПЛАВА ПГ-10Н-01, НАНЕСЕННЫХ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ	
<i>Девойно О.Г., Луцко Н.И., Лапковский А.С.</i>	117
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ПРОДУВКИ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ	
<i>Лубяной Д.А., Арканова Ю.А., Шевченко С.Ю.</i>	121
КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ	
<i>Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К.</i>	123
КОМБИНИРОВАННЫЕ РЕЗЬБОНАРЕЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ	
<i>Дудак Н.С., Касенов А.Ж., Таскарина А.Ж.</i>	126
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ РУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ НАГРЕВЕ	
<i>Лазаревский П.П., Романенко Ю.Е.</i>	128
УПРАВЛЕНИЕ ВИДОМ И ФОРМОЙ СТРУЖКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ	
<i>Ласуков А.А., Зайцев К.В., Ласукова Н.А., Писмаркин В.В.</i>	134
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ С СОТС	
<i>Макаров В.Ф., Никитин С.П.</i>	140

ВЫПЛАВКА СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИКЕЛЕВОГО КОНЦЕНТРАТА <i>Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Прошунин И.Е.</i>	145
ДОСТИЖЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОСЛЕ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ <i>Павлов Е.В., Червяков Л.М.</i>	149
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗЬБЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ ПУТЕМ ОБКАТКИ ВПАДИНЫ <i>Песин М.В., Павлович А.А.</i>	151
АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х., Давлатов Г.Д.</i>	153
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ УСЛОВИЯ РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Петрушин С.И., Нозирзода Ш.С.</i>	159
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ СЛС ИЗ СПЛАВА ПГ-СРЗ <i>Пилипчук А.П., Девойно О.Г., Девойно Д.Г.</i>	164
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х., Нозирзода Ш.С.</i>	167
ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЗРЫВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ <i>Родзевич А.П., Газенаур Е.Г., Кузьмина Л.В.</i>	172
ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КАРБОНАТНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Прошунин И.Е.</i>	174
РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ <i>Сапрыкина Н.А., Сапрыкин А.А.</i>	176
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ С НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРОЙ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ <i>Скотников А.А.</i>	181
АНТИФРИКЦИОННЫЕ И ИЗНОСОСТОЙКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ПОРШНЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ <i>Собачкин А.В., Яковлев В.И., Свиридов А.П.</i>	185
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА ХЛОРАТА НАТРИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ <i>Соболева Э.Г., Игишева А.Л., Литвиненко В.В.</i>	187
НОМЕНКЛАТУРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЗНАКОВ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ СО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ КАК ОСНОВА ПЛАНИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИХ КАЧЕСТВА <i>Темпель Ю.А., Темпель О.А.</i>	190
ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА СТАЛИ <i>Федосеев С.Н.</i>	195
БЕЗВЕРШИННЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ <i>Шамарин Н.Н., Подгорных О.А.</i>	198

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МАГНИТНОМУ ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНЫЙ КАМЫС <i>Байсанов А.С., Исагулов А.З., Сиргетаева Г.Е.</i>	201
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ РАСПРАВОЧНОГО ВИНТОВОГО ВАЛА <i>Бахадиров Г.А., Хусанов К.Б., Сайдахметова Н.Б.</i>	204
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ <i>Воробьев М.И., Павлов Е.В.</i>	207
РАСЧЕТ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ МЕДНОЙ ПОЛОСЫ <i>Бахадиров К.Г., Стулов А.В.</i>	210
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ПОДАЧИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТРУКТУР ПРИ ПОСЛОЙНОМ ЛАЗЕРНОМ СИНТЕЗЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ <i>Гринин О.И., Валдайцева Е.А., Ласота И.Т.</i>	216
ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ СНЯТИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ <i>Деменкова Л.Г., Сударииков А.В.</i>	221
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ПОКРЫТИЙ СОСТАВА «ТИТАН – КАРБИД ТИТАНА» С ИЗБЫТКОМ ТИТАНА <i>Креницын М.Г.</i>	224
ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ПРОЦЕСС САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА В СИСТЕМЕ «ТИТАН-УГЛЕРОД» <i>Креницын М.Г.</i>	226
АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО СИСТЕМ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГЕОХОДА <i>Матрунчик М.С.</i>	228
СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ «ТИТАН – КАРБИД ТИТАНА», ПРИМЕНИМЫХ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ <i>Креницын М.Г.</i>	232
ВОПРОСЫ СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	235
ИЗНОСОСТОЙКИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	238
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	243
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТЕРНЫХ И КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ <i>Пащикова Л.А., Гуляев Н.М., Иванов Л.М.</i>	245
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИКОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ <i>Павлов И.В., Павлов Е.В.</i>	250
ОБ ОПЫТЕ ОБКАТКИ РЕЗЬБЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ <i>Песин М.В., Юсупов А.Р.</i>	254
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ <i>Федюк Р.С., Мочалов А.В., Ильинский Ю.Ю.</i>	256

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ <i>Лубяной Д.А., Орлов В.Н.</i>	258
ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ БЕДНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД <i>Байсанов А.С., Исагулов А.З., Сиргетаева Г.Е.</i>	261
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ <i>Баус М.С.</i>	264
СЕКЦИЯ 3: АВТОМАТИЗАЦИЯ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И МЕНЕДЖМЕНТ НА ПРЕДПРИЯТИИ	
АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА РЕЖИМНОГО ПОВЕДЕНИЯ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ <i>Достовалов Д.Н.</i>	269
СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР) РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ТИПА ДЛЯ НУЖД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ <i>Баус С.С.</i>	274
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ О ПОЛОЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСИ СЕРДЦА <i>Зеленин С.С., Должин И.А.</i>	279
ПРИКЛАДНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ISPRING ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ОБУЧЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ <i>Малушко Е.Ю.</i>	282
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЕЕ ИМИДЖА <i>Тащиян Г.О., Горяйнова Е.С.</i>	284
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОНОМИКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Шихов Е.А., Ромашикина Г.Ф.</i>	287
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В РАМКАХ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ В АКАДЕМИИ CISCO <i>Ожогов Е.В., Картуков К.С.</i>	291
ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВИЗОРА <i>Корчуганова М.А., Сырбаков А.П., Букатин А.Д.</i>	294
СТРУКТУРЫ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИЯХ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ <i>Ахмадулин Р.К.</i>	296
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОНСТРУКТОРА <i>Биктимиров А.С., Момот М.В.</i>	298
ОБЗОР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ <i>Колегова О.А., Захарова А.А.</i>	300
ВОПРОСЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА УЧЕТА И АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЮТИ ТПУ <i>Молнина Е.В.</i>	303
СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ <i>Разумников С.В., Пранкевич Д.А.</i>	309

ОСОБЕННОСТИ НАПИСАНИЯ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ НА РАЗРАБОТКУ ЭМУЛЯТОРА	
<i>Лаптева У.В., Романенко А.В.</i>	311
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНЫЙ ДОМ»	
<i>Чернышева Т.Ю., Мощенко И.В.</i>	313
АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТЕЙ	
<i>Саттарова К.Т., Кокарева В.В., Проничев Н.Д.</i>	316
БАЗА ДАННЫХ И ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННОЙ МАТРИЧНОЙ МОДЕЛИ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ	
<i>Янковская А.Е., Черепанов Д.Н., Селиваникова О.В.</i>	320
БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ	
<i>Баус С.С.</i>	325
ОСНОВЫ УСПЕШНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОГО ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Баус М.С.</i>	328
ПОВЫШЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (МК)	
<i>Бобешко Е.В.</i>	330
ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА	
<i>Богданова Т.Н.</i>	333
ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ ВЕНЧУРНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В РОССИИ	
<i>Бубин М.Н.</i>	335
СИСТЕМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	
<i>Глеков П.М.</i>	337
ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ, ПОЛИТИЧЕСКИХ И ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫХ ФАКТОРОВ НА ДЕЛОВУЮ АКТИВНОСТЬ И ПРОЦЕССЫ РАЗВИТИЯ КУЗБАССКОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КООПЕРАТИВА «ЕДИНСТВО» В МОНОГОРОДЕ ЮРГА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАРКЕТИНГОВОГО МОНИТОРИНГА)	
<i>Кучерявенко С.В., Трифонов В.А.</i>	341
ЭФФЕКТИВНАЯ КОНТЕКСТНАЯ РЕКЛАМА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ИНЖЕНЕРНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «А-ИНЖИНИРИНГ»	
<i>Димитрова О.И.</i>	345
К ВОПРОСУ О ЗАНЯТОСТИ МОЛОДЕЖИ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Лоцилова М.А., Зайцев К.В.</i>	347
ПРОБЛЕМАТИКА ПОДХОДОВ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ В МАШИНОСТРОЕНИИ	
<i>Маслов А.В.</i>	350
МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Мицель А.А., Козлов С.В.</i>	354
МОТИВАЦИЯ И СТИМУЛИРОВАНИЕ ТРУДА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ	
<i>Смолянинова И.В., Ахмедов А.Э.</i>	358

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РОССИИ	
<i>Петров Е.В., Качаева С.Г.</i>	360
ИНВЕСТИЦИИ В ИННОВАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА	
<i>Спивакова Е.А.</i>	365
КОРПОРАТИВНАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КАК МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Шаталов М.А., Мычка С.Ю.</i>	367
АНТИКРИЗИСНАЯ СТРАТЕГИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Ибрагимова К.С., Трифонов В.А.</i>	370
РОЛЬ КРЕДИТА И КРЕДИТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ	
<i>Марчук В.И.</i>	373
ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ВНЕШНИЕ ЭФФЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ	
<i>Полицинская Е.В., Сушко А.В., Борисова Н.М.</i>	375
ДИСПРОПОРЦИИ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА РЫНКЕ ТРУДА МОНОГОРОДА В УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА	
<i>Добрычева И.В., Лоцилова М.А.</i>	379
РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА БАНКРОТСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Телипенко Е.В., Джамансариев Н.Б.</i>	381
<u>СЕКЦИЯ 4: ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ</u>	
ВНЕДРЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГОРНОГО МАССИВА ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ООО «ШАХТА «УСКОВСКАЯ»	
<i>Абдуллина О.А.</i>	387
РОЛЬ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОДДЕРЖАНИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	
<i>Коротков Е.С.</i>	389
ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СИСТЕМ ФАСАДНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ	
<i>Качаева С.Г., Петров Е.В.</i>	391
ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО	
<i>Козлова И.В.</i>	395
ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПРИ ВОЗМОЖНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОТ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Корчева Е.С., Степанова С.В.</i>	397
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАШИН ПО ЭКОЛОГО-АКУСТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ	
<i>Поболь О.Н., Статников И.Н., Фирсов Г.И.</i>	399
АНАЛИЗ РЫНКА УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА	
<i>Абраменко Н.С., Романенко С.В.</i>	404
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМООБРАБОТАННЫХ ОБОЛОЧЕК ПЛОДОВ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ ВОД	
<i>Назаренко А.А., Степанова С.В.</i>	409

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЗАВОДОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ	
<i>Прохорова С.В., Степанова С.В.</i>	411
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	
<i>Ахмадиев Г.М.</i>	413
ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ	
<i>Войткевич И.Н., Попонина А.И., Борисов В.Д.</i>	417
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОННОЙ ФЕРРОПЫЛИ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МОНОХРОМАТА НАТРИЯ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОХМ	
<i>Лазаревский П.П., Романенко Ю.Е., Лазаревская М.Н.</i>	419
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ	
<i>Счастливецва И.В., Архипова Д.А.</i>	423
ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА	
<i>Коротков С.Е.</i>	426
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫМИ ОБОЛОЧКАМИ ПЛОДОВ ОВСА	
<i>Шайдуллина А.А., Степанова С.В.</i>	429
ВРЕД И ПОЛЬЗА ПРОТЕИНА	
<i>Осипова В.Г.</i>	431
<u>СЕКЦИЯ 5: ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА</u>	
 ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕДР	
ЭКОЛОГИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДСИСТЕМ АПК	
<i>Афиногенова И.Н.</i>	435
ПРОБЛЕМЫ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Павлов В.А.</i>	437
АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ ГЕОХОДА ДВИЖИТЕЛЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОХОДЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Аксенов В.В., Костинец И.К., Бегляков В.Ю.</i>	439
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Темпель Ю.А., Темпель О.А., Малышкина Н.И.</i>	444
ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ОБРУШАЮЩЕЙСЯ КРОВЛИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ПРИ СОПРОТИВЛЕНИИ КРЕПИ В ВИДЕ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛЫ	
<i>Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю.</i>	448
МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОСТОЕК В СОСТАВЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ	
<i>Буялич Г.Д., Увакин С.В.</i>	452
ПЕРСПЕКТИВЫ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ МОРСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	
<i>Будник В.Ю., Черный С.Г.</i>	455
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	459

СЕКЦИЯ 1

**Инновационные технологии
получения неразъемных
соединений в машиностроении**

**ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ
ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕТАЛЛА КОРПУСА СТУПИЦ РЕДУКТОР-МОТОР
КОЛЕСА БЕЛАЗА ПОСЛЕ РЕМОНТА**

Н.В. Абабков, к.т.н.

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, т. (3842) 39-69-60*

E-mail: n.ababkov@rambler.ru

Как известно, Кузбасс – это угольный край с большим количеством разрезов, где используются автомобили БЕЛАЗ. В связи с этим необходимо и экономически выгодно наладить качественный ремонт деталей и узлов данных автомобилей у нас в области. Одним из дорогостоящих узлов автомобиля БЕЛАЗ является ступица редуктор-мотор колеса (далее РМК). Ступица (далее РМК) является наиболее нагруженным элементом РМК, воспринимающим основные нагрузки при эксплуатации РМК (рис. 1, а) [1, 2]. Из-за больших эксплуатационных нагрузок всего РМК и ступицы в частности происходит быстрый износ последней. Наиболее изнашиваемой частью ступицы является зубчатый венец (рис. 1, б). Существующая технология ремонта на авторемонтном предприятии зубчатого венца не совершенна, что приводит к частому повторному ремонту, из-за чего предприятие несет убытки.



Рис. 1. Ступица РМК:
а – в сборе; б – зубчатый венец ступицы

В связи с частыми выходами из строя данного оборудования возможны аварии с жертвами. Для их предотвращения необходимо разработать технологию контроля, которая предусматривала бы обнаружение эксплуатационных дефектов (например, трещины), а также возможность контроля проведения ремонтных наплавки, в том числе образование закалочных структур. Одним из наиболее перспективных методов контроля состояния металла сварных соединений, основного металла и выявления несплошностей в настоящее время считается спектрально-акустический метод. Ранее авторами [3–8] было установлено, что спектрально-акустический метод контроля является чувствительным методом оценки локальных полей внутренних напряжений и параметров микроструктуры (плотности дислокаций, кривизны-кручения кристаллической решетки и т.д.). Кроме того, акустические характеристики материалов (скорость распространения упругих волн, затухание и дисперсия, акустический импеданс) имеют связь с механическими свойствами материалов. Это позволяет по акустическим характеристикам материала судить о его механических свойствах.

Таким образом, исходя из вышесказанного, целесообразно провести исследования металла корпуса ступиц редуктор-мотор колеса БЕЛАЗа 7555 после ремонта спектрально-акустическим методом и показать возможность применения данного метода.

Материал ступицы сталь 40Л – сталь для литья, обыкновенного качества, обладает ограниченной свариваемостью, рекомендуется предварительный подогрев либо последующая термообработка, для проведения ремонта металла зубчатого венца ступиц РМК используется полуавтоматическая наплавка сварочной проволокой Св-08Г2С. Для проведения исследований были изготовлены образцы металла, вырезанные из ступиц РМК после ремонта: образец №1 – металл корпуса ступицы в области неподверженной термическому влиянию в ходе выполнения сварочных работ (рис. 2, а); образец №2 – металл ступицы взятый с места наплавки зубчатого венца (рис. 2, б); образец №3 – металл ступицы РМК взятый из зоны

термического влияния с образованием трещины в ходе эксплуатации РМК (рис. 2, в). Трещина образовалась с внешней стороны корпуса ступицы, в ходе эксплуатации последней после ремонта. Образцы вырезались углошлифовальной машинкой с последующей шлифовкой поверхности.



Рис. 2. Образцы для экспериментальных исследований:
а) образец №1; б) образец №2; в) образец №3

Значения твердости образца №1 составили 43,5–44,8 HRC, что практически в 2 раза превышает стандартные значения твердости для данной стали (образец №1 – 21,8–25,3 HRC). Причиной увеличения твердости послужил перегрев металла в процессе наплавки зубчатого венца и отсутствие последующей термообработки, что в дальнейшем может привести к хрупкому разрушению корпуса в данном месте.

Образец №2 показал твердость 19,8–22,5 HRC, что соответствует твердости наплавленного металл сварочной проволокой 08Г2С без дополнительной термообработки. Данная проволока не обладает высокими характеристиками к износостойкости, что снижает срок службы зубчатого венца ступицы.

Исходная структура стали 40Л в соответствии с нормативной документацией представлена на рис. 3.



Рис. 3. Микроструктура исходного состояния стали 40Л

Как видно из рис. 3, сталь 40Л имеет феррито-перлитное строение, при этом соотношение феррита к перлиту составляет 35% к 65%.

Микроструктура образца с неповрежденного участка корпуса ступиц редуктор–мотор колеса представлена на рис. 4.

Микроструктура металла неповрежденного участка корпуса ступицы РМК отличается от исходного состояния для стали 40Л. Для этого образца соотношение феррита к перлиту составляет 30% к 70%.

После изучения микроструктуры исходного состояния для стали 40Л и образца металла неповрежденного участка был изучен металл корпуса ступиц РМК (рис. 2, *а*) вблизи зоны трещины (рис. 5).

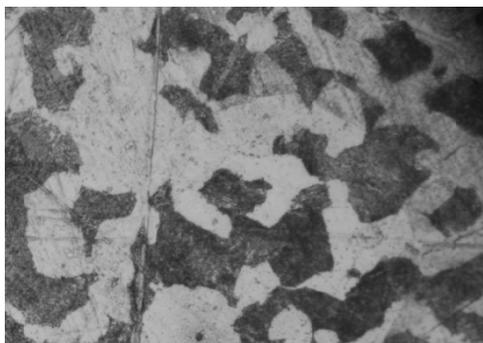
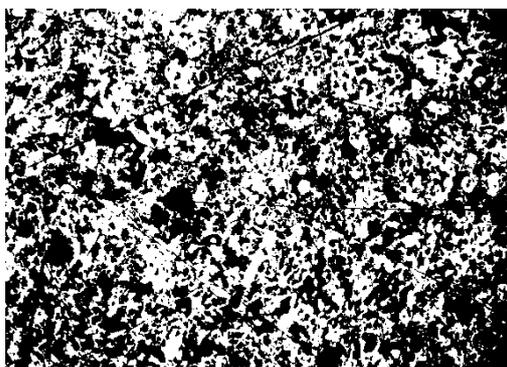
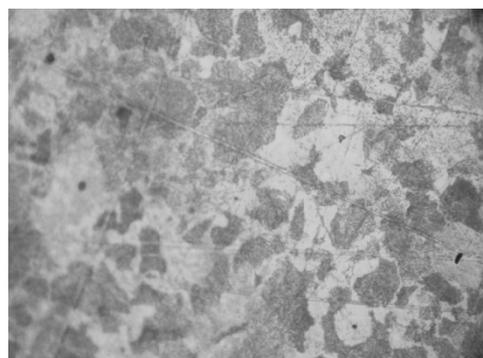


Рис. 4. Микроструктура металла неповрежденного участка корпуса ступиц РМК, $\times 500$



а)



б)

Рис. 5. Микроструктура металла корпуса ступиц РМК вблизи зоны трещины:
а – увеличение $\times 100$; б – увеличение $\times 500$

Из рис. 5 отчетливо видно, что соотношение феррита к перлиту составляет не 35 % к 65 % как для исходного образца, а 50 % к 50 %.

Кроме того, на рис. 5, *б* различимы участки бейнитообразной структуры с игольчатой ориентацией зерен.

На заключительном этапе была исследована структура наплавленного металла (рис. 6). Рассматриваемая структура является типичной при наплавке сварочной проволокой 08Г2С.



а)



б)

Рис. 6. Микроструктура наплавленного металла корпуса ступиц РМК:
а – увеличение $\times 100$; б – увеличение $\times 200$

Исследование микроструктуры металла образцов подтверждают, что в процессе ремонта из-за низкого качества наплавки произошло образование бейнитообразной структуры с игольчатой ориентацией зерен, а также, что с металлом корпуса ступиц РМК произошли структурные изменения в процессе эксплуатации. Действие этих двух факторов и привело к появлению трещин.

Для измерения акустических характеристик использовался измерительно-вычислительный комплекс «АСТРОН». Были проведены прецизионные измерения времени распространения (задержек) поверхностных акустических волн (ПАВ) – R , нс; отношения размахов амплитуд импульсов и коэффициента затухания поверхностных акустических волн – $K_{зат}$, 1/мкс; распространяющихся в материале исследуемых образцов.

Измерения магнитного шума производились при помощи анализатора напряжений и структуры металлов магнитно-шумового «Интроскан», основанного на эффекте Баркгаузена – возникновении скачков намагниченности при перемагничивании ферромагнитного материала [9–11].

Микротвердость измеряли по шкале Виккерса на микротвердомере DuraScan-20.

Результаты измерения акустических и магнитных характеристик и микротвердости металла ступиц РМК представлены в табл. 1. Результаты, полученные с образца №1 приняты за исходное состояние металла. Поэтому сопоставление производим с результатами именно этого образца.

Таблица 1

Результаты измерения акустических и магнитных характеристик
и микротвердости металла ступиц РМК

№ п/п	R , нс	$K_{зат}$, 1/мкс	Амплитуда		Интенсивность магнитного шума, б/в	Микротвердость, НВ
			Верхняя	Нижняя		
Исходное состояние, образец №1						
1	4981	-0,011	205	230	339	220
2	4980	-0,014	222	272	345	222
3	4981	-0,021	228	283	354	225
4	4980	-0,009	212	266	342	219
Сварной шов, образец №2						
1	4984	0,037	153	227	339	322
2	4984	0,062	136	200	347	355
3	4982	0,068	126	199	343	416
4	4986	0,038	166	210	349	346
Вблизи трещины, образец №3						
1	5005	0,078	138	170	289	219
2	5001	0,112	119	141	293	199
3	5009	0,118	121	131	251	201
4	5004	0,091	130	158	248	198

Для образца №2, вырезанного вблизи трещины характерны более высокие значения времени задержки ПАВ и коэффициента затухания, а также более низкие значения амплитуды. Значения коэффициента затухания имеют более значительное увеличение по сравнению с образцом №1, тогда как значения амплитуды принятого импульса ПАВ меньше. Стабильность значений акустических характеристик свидетельствует об отсутствии в металле дефектов. Однако их различие для образцов №1 и 2 говорит о том, что в структуре металла этих образцов имеются различия. Для образца №3, наблюдается незначительное увеличение времени задержки ПАВ по сравнению с образцом №1 – на 6 нс, что объясняется с одной стороны отличным химическим составом и неоднородностью структуры металла сварного шва с другой.

По результатам измерений были построены графики распределения времени задержки ПАВ (рис. 7, кр. 1), распределения интенсивности магнитного шума (рис. 7, кр. 2) и микротвердости (рис. 7, кр. 3) по поверхности зубчатого венца от наплавленного слоя к основному металлу.

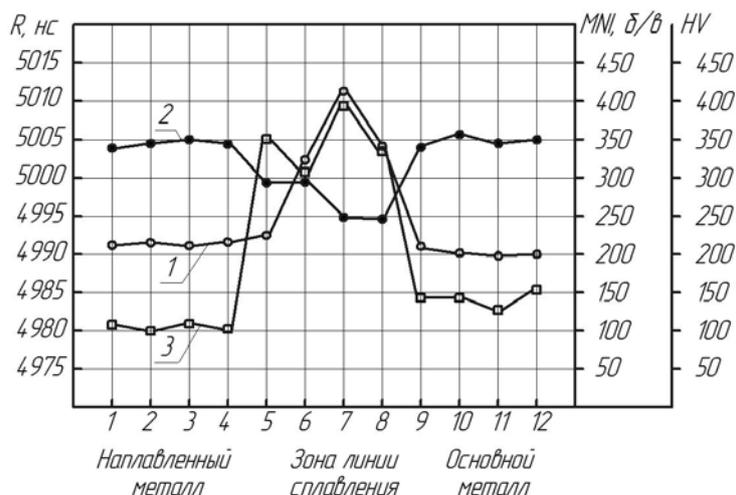


Рис. 7. Распределение микротвердости (1), интенсивности магнитного шума (2) и времени задержки ПАВ (3) по поверхности зубчатого венца от наплавленного слоя к основному металлу

Таким образом, спектрально-акустический метод контроля может применяться при контроле металла корпусов ступиц редуктора-мотора колеса, используемого в автомобиле БЕЛАЗ 7555.

Результаты полученные магнитошумовым подтверждают результаты контроля спектрально-акустическим методом. Соответственно, магнитошумовой метод также может быть использован при контроле металла корпусов ступиц редуктора-мотора колеса, используемого в автомобиле Белаз 7555.

По линии сплавления отмечается наиболее высокие значения микротвердости что свидетельствует о наличии твердой кристаллизационной прослойки образованной вследствие перегрева металла при наплавке и образования бейнитной структуры.

Значительное увеличение микротвердости на линии сплавления говорит о значительном перегреве основного металла, что является недопустимым и приводит к появлению трещин корпуса ступицы во время эксплуатации РМК.

Выводы

1. Выполнены исследования металла фрагментов образцов ступиц РМК, используемых в автомобилях БЕЛАЗ, неразрушающими и разрушающими методами контроля.

2. Установлено, что использование базовой технологии для ремонта приводит к изменению структуры и твердости металла в зоне наплавки зубчатого венца, что приводит к разрушению металла (образование трещин на корпусе) в ходе эксплуатации РМК и повторному ремонту.

3. Требуется разработка нового технологического процесса восстановительного ремонта ступиц РМК, учитывающего недостатки базовой технологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, соглашение № 14-19-00724. Автор выражает благодарность Смирнову А. Н. за помощь при обсуждении результатов исследований и Ношкину В. Ю. за предоставленные образцы.

Литература

1. Никитенко, М. С. Разработка комплекса средств технической диагностики, восстановления и упрочнения элементов горнодобывающего оборудования / М. С. Никитенко, К. В. Князьков, Н. В. Абабков др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S6. – С. 447–456.
2. Ношкин, В. Ю. Исследование и разработка технологии ремонта корпуса ступиц редуктор-мотор колеса, используемого в автомобиле БЕЛАЗ 7555, с целью повышения эксплуатационных характеристик / <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2014/materials/pdf/ИТМА/SD/ношкин/index.html>.
3. Смирнов, А. Н., Абабков, Н. В., Фольмер, С. В. Способ неразрушающего контроля длительно работающего металла эксплуатируемых элементов теплоэнергетического оборудования. Патент РФ, №2532141. 2014.
4. Муравьев, В. В. Контроль остаточных напряжений в бандажах локомотивных колес методом акустопругости / В. В. Муравьев, Л. В. Волкова, Е. Н. Балобанов // Дефектоскопия, 2013. – №7. – С. 22–28.

5. Смирнов, А. Н. Повреждаемость сварных соединений. Спектрально-акустический метод контроля / А. Н. Смирнов, Н. А. Конева, Н. А. Попова и др. // М.: Машиностроение, 2009. – 278 с.
6. Муравьев, В. В. Анализ сравнительной достоверности акустических методов контроля пруткового проката из рессорно-пружинных сталей. / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, В. А. Стрижак // Дефектоскопия, 2014. – №8. С. 3–12.
7. Смирнов, А. Н. Структурно-фазовое состояние, поля внутренних напряжений и акустические характеристики в длительно работающем металле поврежденного барабана котла высокого давления / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э. В. Козлов и др. // Контроль. Диагностика. – 2012. – №7. – С. 13–17.
8. Смирнов А. Н. Локальные поля напряжений в сварных соединениях, спектрально-акустический метод их выявления и синергетический подход к материаловедению / А. Н. Смирнов, С. В. Фольмер, Н. В. Абабков // Вестник КузГТУ. – 2009. – №3. – С. 28–38.
9. Махалов, М.С. Определение остаточных напряжений упрочненного поверхностного слоя методами неразрушающего контроля // сборник трудов II-ой Международной научно-практической конференции «Инженерия поверхностного слоя деталей машин». – Минск: БНТУ, 2010. – С. 241-242.
10. Воробьева, Н. В. О возможности применения акустических и магнитных методов для диагностики роторов турбин высокого давления / Н. В. Воробьева, Н. В. Абабков // Сборник докладов студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава университета по результатам IV Всероссийской, 57 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» – Кемерово, 2012. – С. 158–161.
11. Галямов, Р. М. Опыт применения магнитошумового метода НК на заводе «Пермские моторы» / Р. М. Галямов, Ю. П. Паньковский // В мире неразрушающего контроля, 2005. – №1. – С. 42–43.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ СТЕРЖНЕЙ ВКРЕСТ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

*С.Л. Бусыгин, старший преподаватель, Э.Э. Проскурина, бакалавр, Е.К. Бусыгина, магистрант
Сибирский федеральный университет политехнический институт
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, тел. (3912)-91-25-62
E-mail: politex_1999@bk.ru*

Контактная сварка это один из самых распространенных технологических процессов получения неразъемных соединений пересекающихся стержней и проволок в производстве сеток. Она обеспечивает высокую производительность труда и качество работ при минимальных затратах материалов и электроэнергии [1].

Однако контактная сварка пересекающихся стержней и проволок из алюминиевых сплавов используется не так широко. В литературе имеются отрывочные сведения, которые свидетельствуют о технологической трудности в образовании такого сварного соединения со стабильной прочностью [2]. Вместе с тем алюминиевые сплавы как конструкционные материалы отличается малая плотность, высокая удельная прочность и высокая коррозионная стойкость [3].

Целью данной работы является исследование особенностей контактной сварки и выбор оптимальной технологии пересекающихся стержней вкрест из алюминиевых сплавов.

Процесс контактной сварки пересекающихся стержней вкрест из алюминиевых сплавов при изготовлении сеток и каркасов существенно отличается от процесса контактной точечной сварки листовых конструкций. При сварке стержней вкрест создаются более благоприятные условия для получения качественных сварных соединений. Стержни в начальный период сварки соприкасаются по очень незначительной площади, практически в геометрической точке, благодаря чему в этом месте достигаются высокие значения электросопротивления, плотности сварочного тока и давления (усилия сжатия). Из-за высокой плотности сварочного тока на участке контакта стержней происходит быстрое расплавление металла. Вследствие того, что этот участок слабо окружен твердым металлом, расплавленный металл вместе с образующимися при нагреве окислами и шлаками под действием приложенного давления легко вытесняется наружу сварного соединения. Однако процессы контактной сварки алюминиевых и стальных стержней несколько отличаются. Например при сварке стержней из алюминиевого сплава АМг4 ϕ 3 мм, используя параметры оптимального режима, после сварки на образце наблюдается частичное расплющивание верхней части стержня, а на разрушенных образцах видно, что сварка происходит не по всей поверхности контакта, а только по центральной части и частично по периферии. При использовании стержней из более мягкого алюминиевого спла-

ва например АД1, величина осадки больше, а прочность соединения ниже. Первоначальная площадь взаимного соприкосновения стержней от момента сжатия до включения сварочного тока в основном зависит от давления электродов, а также от марки материала свариваемых стержней. Чем выше давление и чем мягче материал стержней, тем больше площадь соприкосновения.

Для определения оптимального усилия сжатия $F_{св}$ измеряли динамику изменения величины осадки алюминиевых стержней (измеряли расстояние между электродами) при времени сжатия $t_{сж}=0,6$ с. (применяли циклограмму с постоянным усилием сварки), полученные основные зависимости приведены на рис. 1. На графике видно, что осадка стержней происходит даже без прохождения сварочного тока; при этом, чем меньше диаметр стержня, тем больше величина осадки (например осадка стержней из алюминиевого сплава АД1 $\phi 2,5$ мм происходит полностью при усилии сжатия $F_{св}=1$ кН).

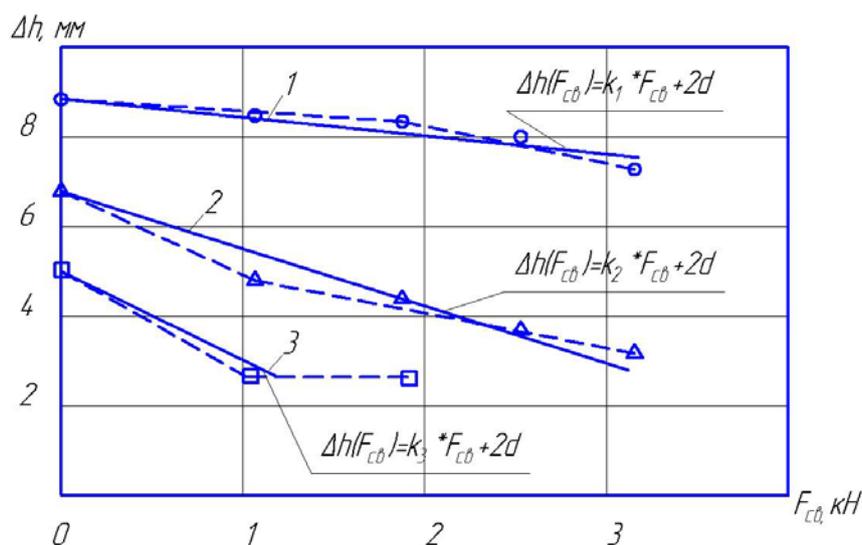


Рис. 1. Зависимости осадки стержней из алюминиевого сплава АД1: 1 - стержень $\phi 4,3$ мм; 2 - стержень $\phi 3,2$ мм; 3 - стержень $\phi 2,5$ мм.

Полученные кривые можно аппроксимировать следующей зависимостью [4]:

$$\Delta h(F_{св}) = k \cdot F_{св} + 2d, \quad (1)$$

где Δh - величина осадки стержней, мм; $F_{св}$ - усилие сжатия сварочных электродов, кН; k - коэффициент, зависящий от диаметра стержней; d - диаметр стержней, мм.

При этом k имеет следующие значения ($k_1 = -0,4$; $k_2 = -1$; $k_3 = -1,7$), в ходе аппроксимации получена следующая зависимость:

$$k(d) = 2,4 \cdot \ln(d) - 3,9, \quad (2)$$

Окончательно зависимость имеет вид:

$$\Delta h(F_{св}) = (2,4 \cdot \ln(d) - 3,9) \cdot F_{св} + 2d, \quad (3)$$

Полученная зависимость справедлива для расчета величины осадки двух пересекающихся стержней вкрест из алюминиевого сплава АД1.

Исследования режимов контактной сварки проводили на контактной машине МТ2507. При сварке использовали цикл с постоянным усилием и одним импульсом сварочного тока, причем время сжатия $t_{сж}$ и время проковки $t_{пр}$ составляло по 0,04 с.

При контактной сварке стержней из алюминиевого сплава АД1 $\phi 4,3$ мм особых сложностей не возникало, оптимальные режимы $F_{св} = 1,1$ кН, $I_{св} = 12$ кА, $t_{сж} = 0,04$ с. При варьировании временем сварки $t_{сж} = (0,02 - 0,06)$ с, прочность соединения при испытании на растяжение практически не изменялась, разница составила 4-6%, однако величина осадки Δh увеличилась соответственно от 6,8 до 4,8 мм. С дальнейшим увеличением усилия сжатия $F_{св}$ прочность соединения начинало резко снижаться. При сварке аналогичных стержней $\phi 3,2$ мм особых сложностей так же не возникло. При исследовании режимов контактной сварки стержней $\phi 2,5$ мм, получить сварное соединение не удалось, так как при времени сварки $t_{сж} = 0,02$ с и сварочном токе $I_{св} = 10$ кА происходила полная осадка

свариваемых стержней, на поверхности образцов не наблюдалось даже частичного схватывания. При увеличении сварочного тока до $I_{св}=12\text{ кА}$ происходил выплеск, при уменьшении времени сжатия $t_{сж}$ от 0,04 до 0,02 с также происходил выплеск, сварное соединение не образовывалось. С увеличением диаметра стержня до $\phi 3,2$ мм относительная прочность рельефа увеличивалась, после сварки наблюдалось частичное схватывание образцов. Однако при исследовании режимов, качественного соединения получить не удалось и было установлено, что самыми оптимальными в данном случае являются режимы $F_{св}=1,1\text{ кН}$, $I_{св}=12\text{ кА}$, $t_{св}=0,02\text{ с}$ ($t_{сж}=0,04$ и $t_{пр}=0,04\text{ с}$). В данном случае происходила практически полная осадка рельефов, предел прочности сварного соединения на растяжение составил $\approx 80\%$ от основного металла. При уменьшении сварочного тока до $I_{св}=10\text{ кА}$, сварное соединение не образуется.

Основной сложностью контактной сварки стержней из сплава АД1 $\phi 3,2$ мм и менее является свободное вытеснение свариваемого металла наружу сварного соединения; за время сжатия $t_{сж}$ происходит лишь осадка рельефа на определенную величину зависящую от усилия сжатия $F_{св}$, однако при прохождении сварочного тока в течение $t_{св}$ и во время $t_{пр}$ происходила максимальная осадка сварного соединения, причем в большинстве случаев после выключения сварочного тока осадка происходила без увеличения размеров литого ядра.

Циклограмма с изменяющимся усилием сжатия сварочных электродов приведена на рис.2.

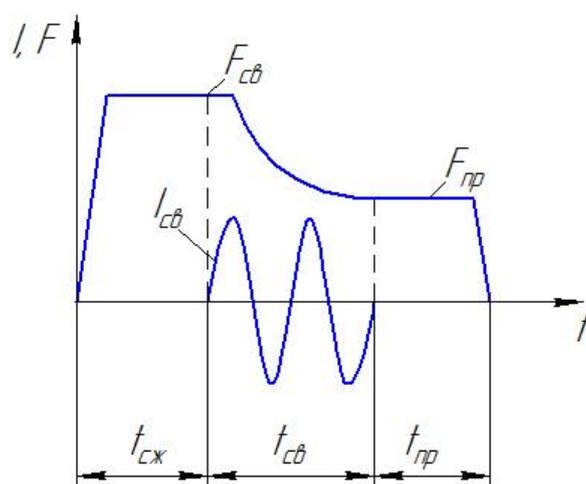


Рис. 2. Циклограмма с изменяющимся усилием сжатия сварочных электродов: $F_{св}$ – усилие сжатия сварочных электродов; $F_{пр}$ – усилие проковки; $I_{св}$ – сварочный ток; $t_{сж}$ – время предварительного сжатия; $t_{св}$ – время сварки; $t_{пр}$ – время проковки

Данная циклограмма работает следующим образом:

- на первом этапе, при предварительном сжатии $t_{сж}$ стержни из алюминиевого сплава сжимают усилием $F_{св}$, при этом происходит увеличение контактной поверхности деталей;
- на втором этапе $t_{св}$ происходит включение сварочного тока $I_{св}$, детали начинают интенсивно разогреваться, происходит разрушение поверхностной оксидной пленки и образование литого ядра, так как большое усилие приводит к выплеску для подавления начального импульса требуется плавное снижение усилия, с ограничением осадки стержней;
- на третьем этапе $t_{пр}$ блок управления автоматически выдерживает усилие $F_{пр}$ с целью снятия напряжений и повышения плотности сварного соединения.

Применение данной циклограммы при производстве сеток потребует дорогостоящего оборудования, так как при сварке сеток используют автоматические линии, работающие по простому циклу с постоянным усилием сжатия сварочных электродов. Использование данной циклограммы позволит увеличить прочность сварного соединения на 2 – 5%.

В выборе оптимальной технологии контактной сварки пересекающихся стержней из алюминиевого сплава АД1, ставится задача: простота и эффективность предлагаемой технологии, а так же низкая стоимость переналадки применяемого оборудования.

В данной работе для уменьшения величины осадки свариваемых стержней из алюминиевого сплава АД1 $\phi 3,2$ мм, предлагается использовать принудительное ограничение осадки рельефа в промежутке времени проковки t_{np} .

Работа осуществляется следующим образом: электроды сжимаются $t_{сж} = 0,04$ с, подается сварочный ток $I_{св}$, на время $t_{св} = 0,02$ с, затем по мере прохождения сварочного тока электроды опускают на определенную заданную величину H , в соответствии от диаметра свариваемых стержней (для стержней из алюминиевого сплава АД1 $\phi 3,2$ мм соответственно 4,5 – 5 мм), суммарная толщина стержней после сварки в месте их пересечения H имеет следующую зависимость:

$$H(d) = 5,5 \cdot \ln(2d) - 5,3, \quad (4)$$

где d – диаметр стержня, мм.

В данном случае решается проблема осадки рельефа в нагретом состоянии, так как значительная часть образования литого ядра происходит в основном при прохождении сварочного тока, а после его выключения осадка продолжается вплоть до полного вдавливания рельефа. Проведенные исследования показывают, что принудительное ограничение осадки рельефа (рис. 3) в промежутке времени проковки t_{np} благоприятно влияет на прочность сварного соединения.

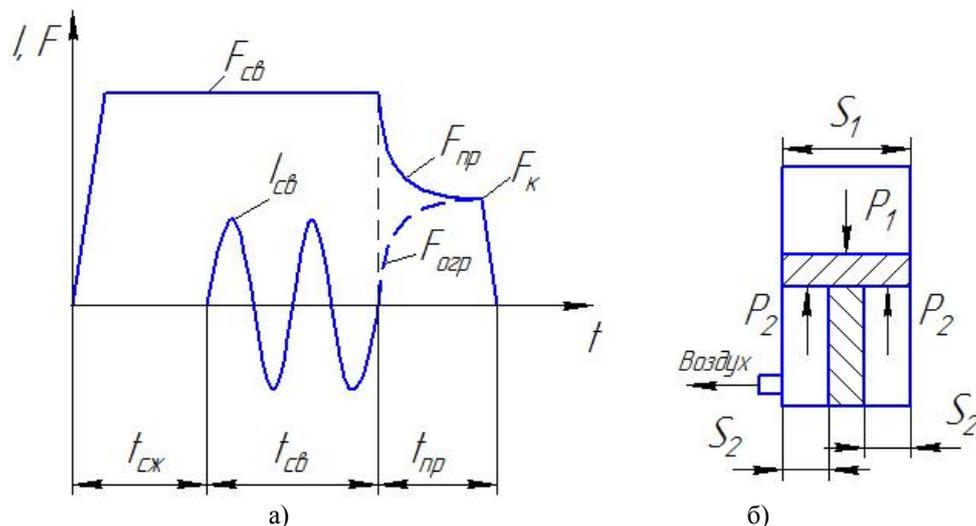


Рис. 3. Циклограмма с принудительным ограничением усилия сжатия сварочных электродов: а) Цикл сварки: $F_{св}$ – усилие сжатия сварочных электродов; $F_{нр}$ – усилие проковки; $F_{опр}$ – усилие принудительного ограничения осадки рельефа; $F_к$ – конечное усилие сжатия сварочных электродов; $I_{св}$ – сварочный ток; $t_{сж}$ – время предварительного сжатия; $t_{св}$ – время сварки; $t_{нр}$ – время проковки; б) Работа пневмоцилиндра контактной машины: P_1 – давление в верхней камере пневмоцилиндра; P_2 – давление в нижней камере пневмоцилиндра; S_1 – площадь верхней камеры пневмоцилиндра; S_2 – площадь нижней камеры пневмоцилиндра

Ограничение усилия сжатия сварочных электродов можно описать зависимостями:

- давление в верхней камере пневмоцилиндра P_1 :

$$P_1 = F_{св} / S_1, \quad (5)$$

- давление в нижней камере пневмоцилиндра P_2 :

$$P_2 = F_{св} - F_к / S_1, \quad (6)$$

где $F_{св}$ – усилие сжатия сварочных электродов, кН; S_1 – площадь верхней камеры пневмоцилиндра, мм; S_2 – площадь нижней камеры пневмоцилиндра, мм; $F_к$ – конечное усилие сжатия сварочных электродов, кН.

Однако при установке режима сварки необходимо следить за тем, что бы в момент времени сварки $t_{св}$ осадка свариваемого рельефа (процесс образования литого ядра) происходила в штатном порядке. При недостаточной величине осадки и увеличенном времени сварки $t_{св}$ происходит конечный выплеск [5]. На рис. 4 изображены соединения алюминиевых стержней сетки контактной сваркой.

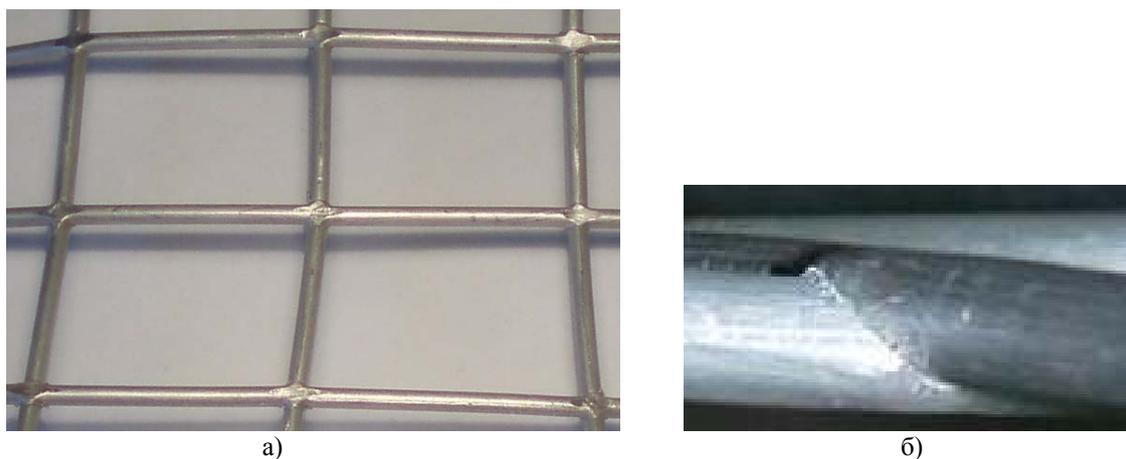


Рис. 4. Соединения алюминиевых стержней сетки контактной сваркой: *а* – общий вид соединения алюминиевых стержней сетки; *б* – увеличенный вид соединения алюминиевых стержней сетки.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Процесс контактной сварки пересекающихся стержней вкрест из алюминиевых сплавов существенно отличается от процесса точечной сварки листовых конструкций, так как создаются более благоприятные условия для получения качественных сварных соединений.

2. Получены зависимости расчета степени осадки двух пересекающихся стержней вкрест из алюминиевого сплава АД1.

3. Подобраны на практике режимы контактной сварки стержней из алюминиевого сплава АД1 диаметрами $\phi 4,3$ мм, $\phi 3,2$ мм, $\phi 2,5$ мм.

4. Построены циклограммы: изменяющегося усилия сжатия сварочных электродов и принудительного ограничения усилия сжатия сварочных электродов.

5. Установлено, что принудительное ограничение осадки рельефа благоприятно влияет на прочность сварного соединения.

Литература.

1. Орлов Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки. М.: Машиностроение, 1986. - 352 с.
2. Гилевич В.А. Технология и оборудование рельефной сварки. Л.: Машиностроение, 1976. - 152 с.
3. Рязанцев В.И., Овчинников В.В, Технологические основы контактной сварки легких сплавов: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 164 с.
4. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968. - 288 с.
5. Демченко А.И., Рафальский А.С. Применение контактной точечной и рельефной сварки при изготовлении термозащитных элементов автоматических выключателей // Сварочное производство. 2008. № 8. с. 23-26.

О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ С ДЕЙСТВИЕМ ПРМП НА ТВЕРДОСТЬ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СЛОЯ НАПЛАВЛЕННОГО ДУГОВЫМ СПОСОБОМ ПРОВОЛОКОЙ ПОД ФЛЮСОМ

Д.Г. Носов, к.т.н., доцент, В.В. Перемитько, д.т.н., профессор, М. Барашкин, магистр Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск 51918 г. Днепродзержинск, Украина, ул. Днепродзержинская 2, тел. (+380569) 55-18-91 E-mail: ndweld@rambler.ru

Введение. Переход на автоматизированные процессы производства в машиностроении связан с увеличением количества взаимосвязанных машин, механизмов и агрегатов, работающих в непрерывном движении, незапланированная остановка которых приводит к колоссальным производственным потерям [1]. В процессе эксплуатации детали и узлы агрегатов подвергаются значительным динамическим, тепловым, статическим, вибрационным и прочим нагрузкам, под влиянием которых они меняют свои геометрические размеры. Поэтому проблема повышения износоустойчивости является

одной из важных в машиностроении [2]. Восстановление утраченных форм осуществляется с помощью наплавки. Поэтому совершенствование уже известных способов наплавки с обеспечением повышения износостойкости является актуальной.

Одним из перспективных способов является наплавка проволокой сплошного сечения под слоем флюса с применением продольного магнитного поля (ПРМП) [3,4]. Данный способ позволяет повысить производительность наплавки, влиять на геометрические размеры, фазовый состав, твердость и износостойкость.

Целью работы является разработка математических моделей определения твердости, фазового состава и износостойкости наплавленных слоев в зависимости от режимов наплавки с действием продольного магнитного поля.

Постановка задачи. Объектом исследования является процесс электродуговой наплавки под флюсом проволокой сплошного сечения с дополнительным воздействием на дугу внешним электромагнитным полем.

Предметом исследования является влияние параметров режимов наплавки, частоты и индукции ПРМП на фазовый состав и свойства наплавленного слоя.

Целью данной работы является исследование совместного влияния тока наплавки (тепловой мощности дуги), индукции и частоты ПРМП на твердость, фазовый состав и износостойкость слоя наплавленного под флюсом.

Материалы и методы. Экспериментальные наплавки выполняли на листы углеродистой стали Ст3сп ГОСТ 380 под флюсом АН-348А ГОСТ 9087 с воздействием ПРМП индукцией $B_z = 0 \dots 80$ мТл частотой ω от 0 до 50 Гц проволокой сплошного сечения Св-08Г2С ГОСТ 2264 диаметром 3 мм. Внешнее магнитное поле генерировали специальным устройством, состоящим из катушки соленоида и блока ее питания [5]. Сварочное оборудование: установка типа УД-209, источник питания – универсальный выпрямитель ВДУ-506. Дополнительное оборудование: аналоговый тесламетр, мультиметр ЕМ-5511, машина для испытания на износ МИ-1М, весы аналитические лабораторные, стационарный твердомер, микроскоп. Износ оценивали весовым методом. Метод измерения твердости (твердость по Бринеллю) выполняли по ГОСТ 9012.

При постановке экспериментальной части исследования нами было реализовано нелинейное планирование по матрице не композиционного плана второго порядка для трех факторов. Обработку экспериментальных данных выполняли в аналитической системе STATISTICA [6].

Результаты работы. При проведении исследований были назначены следующие режимы сварки: $I_n = 460 \dots 480$ А; $U_o = 26 \pm 1$ В; $v_{nan} = 18$ м/час; ток постоянный обратной полярности. Толщина металла 10^{-2} м, диаметр электродной проволоки $3 \cdot 10^{-3}$ м.

Вылет электрода l_e , скорость наплавки v_{nan} оставляли неизменными. Управляющими независимыми переменными были выбраны: ток наплавки I_n , индукция B_z и частота ПРМП ω . Твердость H , износостойкость ε и структуру определяли по макрошлифам.

Таблица

Протокол экспериментальной части

Номер опыта	B_z , мТл	ω , Гц	I_n , А	H , НВ	ε , ед.	Феррит, %	Перлит, %
1	+	+	0	147	1,36	75	25
2	+	-	0	166	1,80	65	35
3	-	+	0	133	1,18	62	38
4	-	-	0	138	1,24	63	37
5	0	0	0	176	1,91	65	35
6	+	0	+	190	2,04	70	30
7	+	0	-	176	2,11	72	28
8	-	0	+	146	1,28	63	37
9	-	0	-	143	1,26	62	38
10	0	0	0	174	1,88	60	40
11	0	+	+	162	1,72	65	35
12	0	+	-	160	1,68	66	34
13	0	-	+	166	2,04	71	29
14	0	-	-	164	2,02	72	28
15	0	0	0	174	1,88	65	35

По данным полученным при проведении эксперимента (табл.1) в аналитической системе STATISTICA 6.0 построены трехмерные графики зависимостей для твердости и износостойкости.

На рис.1 приведен график зависимости твердости наплавленного слоя H от частоты ω и индукции B_z магнитного поля. Область максимальных (170...180 НВ) значений твердости формируется при индукции магнитного поля $B_z = 45...80$ мТл частотой $\omega = 5...35$ Гц.

На рис.2 приведен график влияния индукции магнитного поля и тока наплавки на твердость наплавленных слоев. Как видно, зависимость носит сложный характер, а твердость наплавленных валиков приобретает максимальных значений (170...180 НВ) при индукции магнитного поля $B_z = 45...80$ мТл и токе наплавки $I_n = 470...480$ А.

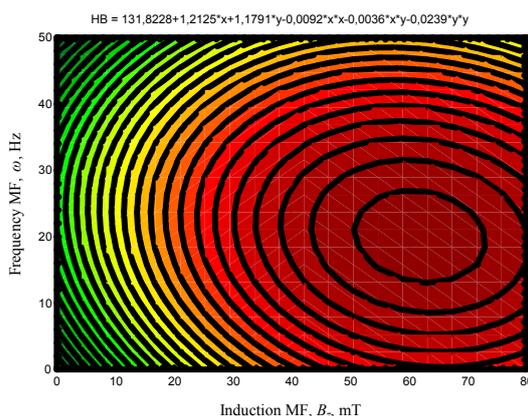


Рис. 1. Зависимость твердости H наплавленного слоя от частоты ω и индукции B_z магнитного поля

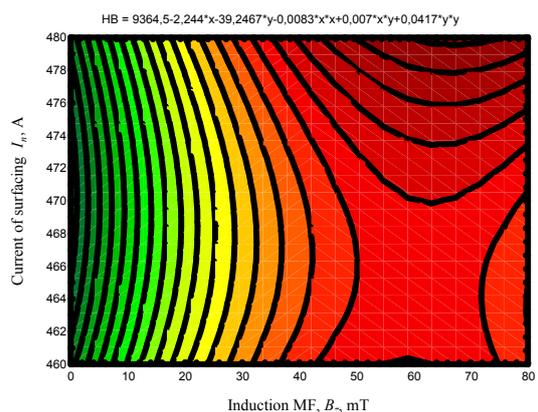


Рис. 2. Зависимость твердости H наплавленного слоя от тока наплавки I_n и индукции B_z магнитного поля

На рис.3 показано влияние тока наплавки и частоты ПРМП на твердость наплавленных слоев. Зависимость носит нелинейный характер. Максимальная твердость ($H=170$ НВ) наблюдается при наплавке с влиянием ПРМП частотой $\omega=15...30$ Гц при токе наплавке $I_n=460...465$ или $470...480$ А.

То есть, для обеспечения максимальной твердости наплавленного металла необходимо использовать следующие режимы: индукция магнитного поля $B_z=45...80$ мТл, частота магнитного поля $\omega=15...30$ Гц и ток наплавки $I_n=470...480$ А.

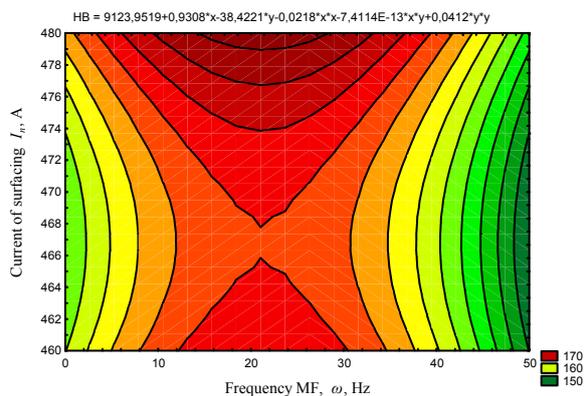


Рис. 3. Зависимость твердости H наплавленного слоя от тока наплавки I_n и частоты магнитного поля ω

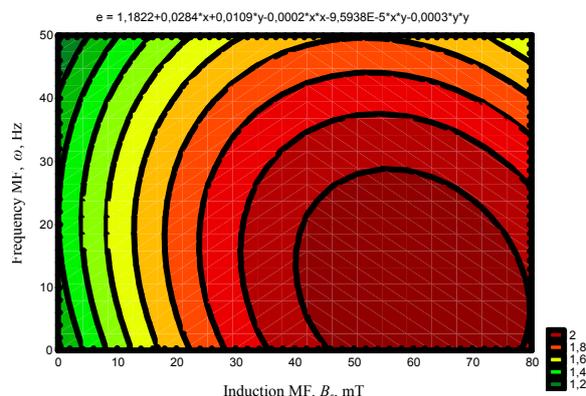


Рис. 4. Зависимость износостойкости ϵ наплавленного слоя от частоты ω и индукции B_z магнитного поля

На рис.4 показано влияние индукции и частоты ПРМП на износостойкость наплавленных слоев. Очевидно, что с увеличением индукции и частоты ПРМП приводит к увеличению показателей износостойкости. Область максимальных значений износостойкости наплавленного валика формируется при индукции ПРМП $B_z=45\dots75$ мТл, частотой $\omega=0\dots25$ Гц.

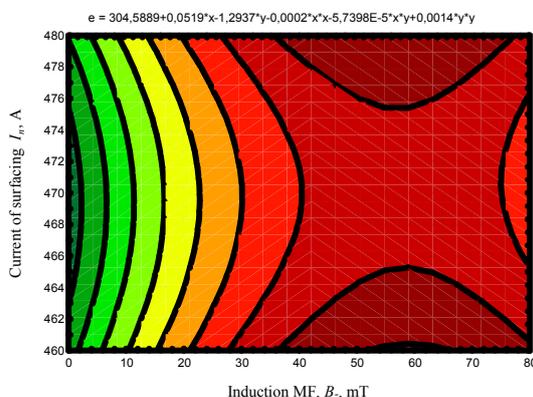


Рис. 5. Зависимость износостойкости ε наплавленного слоя от тока наплавки I_n и индукции B_z магнитного поля

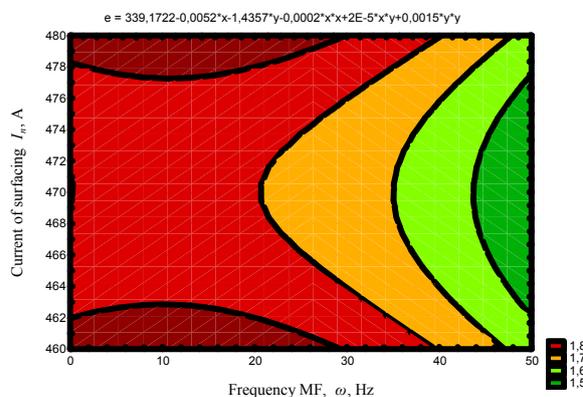


Рис. 6. Зависимость износостойкости ε наплавленного слоя от тока наплавки I_n и частоты магнитного поля ω

На рис.5 показана зависимость износостойкости ε наплавленных слоев от тока наплавки I_n и индукции магнитного поля B_z . Как видно, зависимость носит сложный характер и имеет две экстремальные зоны. Так, при наплавке с влиянием ПРМП износостойкость наплавленных валиков имеет максимумы при следующих режимах: индукция магнитного поля $B_z = 45\dots75$ мТл, ток наплавки $I_n = 460\dots465$ А; индукция магнитного поля $B_z = 45\dots75$ мТл, ток наплавки $I_n = 475\dots480$ А.

На рис.6 приведена зависимость влияния тока наплавки и частоты магнитного поля на износостойкость. Износостойкость наплавленных слоев приобретает максимальных значений при следующих режимах: частота магнитного поля $\omega = 0\dots20$ Гц и ток наплавки $I_n = 460\dots465$ А; частота магнитного поля $\omega = 0\dots20$ Гц и ток наплавки $I_n = 475\dots480$ А.

То есть, для обеспечения максимальных значений износостойкости наплавленного металла, необходимо использовать следующий режим: индукция магнитного поля $B_z = 45\dots75$ мТл, частота магнитного поля $\omega = 0\dots20$ Гц и ток наплавки $I_n = 460\dots465$ или $475\dots480$ А.

Таким образом, для обеспечения максимальных значений твердости и износостойкости наплавленного металла, необходимо использовать следующий режим: индукция магнитного поля $B_z = 45\dots75$ мТл, частота магнитного поля $\omega = 15\dots20$ Гц поля и ток наплавки $I_n = 475\dots480$ А.

Для разработки математических моделей прогнозирования твердости и износостойкости наплавленного металла использовали регрессионный метод. Функция поверхности отклика, отражающий любой контролируемый параметр y , может быть выражена как $y=f(B_z, \omega, I_n)$, где v_1 отражает B_z , $v_2 - \omega$, $v_3 - I_n$, а выбранная зависимость, является поверхностью отклика второго порядка, имеет вид:

$$y = b_1 + b_2 \cdot v_1 + b_3 \cdot v_2 + b_4 \cdot v_3 + b_5 \cdot v_1 \cdot v_2 + b_6 \cdot v_1 \cdot v_3 + b_7 \cdot v_2 \cdot v_3 + b_8 \cdot v_1^2 + b_9 \cdot v_2^2 + b_{10} \cdot v_3^2 \quad (1)$$

Обработку результатов эксперимента при расчетах коэффициентов регрессии выполняли с использованием программного пакета STATISTICA 6.0. Коэффициенты регрессии приведены в табл. 2.

Таблица 3

Коэффициенты регрессии уравнения (1) для отклика функции H и ε

		H	ε			H	ε
Коэффициенты	b_1	6858,7770	279,1011	b_6	0,007014	-0,000057	
	b_2	-2,096000	0,054854	b_7	0	0,000020	
	b_3	1,160345	0,000762	b_8	-0,009068	-0,000223	
	b_4	-28,611500	-1,184810	b_9	-0,023533	-0,000242	
	b_5	-0,003570	-0,000096	b_{10}	0,030417	0,001262	

Получены расчетные уравнения для определения твердости и показателей износостойкости наплавленного металла в зависимости от индукции, частоты магнитного поля и тока наплавки:

$$H = 6858,777 - 2,096 \cdot B_z + 1,160345 \cdot \omega - 28,6115 \cdot I_n - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot B_z \cdot \omega + 70,14 \cdot 10^{-4} \cdot B_z \cdot I_n + 90,68 \cdot 10^{-4} \cdot B_z^2 - 23,533 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^2 + 30,417 \cdot 10^{-3} \cdot I_n^2 \quad (2)$$

$$\varepsilon = 279,1011 + 54,854 \cdot 10^{-3} \cdot B_z + 7,62 \cdot 10^{-3} \cdot \omega - 1,18481 \cdot I_n - 9,6 \cdot 10^{-5} \cdot B_z \cdot \omega - 5,7 \cdot 10^{-5} \cdot B_z \cdot I_n + 2,0 \cdot 10^{-5} \cdot \omega \cdot I_n - 22,3 \cdot 10^{-5} \cdot B_z^2 - 24,2 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 + 12,62 \cdot 10^{-4} \cdot I_n^2 \quad (3)$$

По данным (табл.1) для отклика функции $y=f(B_z, \omega, I_n)$ фазового состава (%) феррита (Ф) и перлита (П) были получены следующие коэффициенты регрессии уравнения (1):

Таблица 4

Коэффициенты регрессии уравнения (1) для отклика функции Ф и П

		Ф	П			Ф	П
Коэффици- циенты	b ₁	6306,005	-6206,01	b ₆	-0,001895	0,001895	
	b ₂	0,893602	-0,893602	b ₇	0	0	
	b ₃	-0,315101	0,315101	b ₈	0,000341	-0,000341	
	b ₄	-26,59460	26,59458	b ₉	0,003733	-0,003733	
	b ₅	0,002818	-0,002818	b ₁₀	0,028333	-0,028333	

Получены расчетные уравнения, позволяющие определить влияние индукции, частоты магнитного поля и тока наплавки на фазовый состав:

$$\Phi = 6306,005 + 893,602 \cdot 10^{-3} \cdot B_z - 315,101 \cdot 10^{-3} \cdot \omega - 26,5946 \cdot I_n + 281,8 \cdot 10^{-5} \cdot B_z \cdot \omega - 189,5 \cdot 10^{-5} \cdot B_z \cdot I_n + 34,1 \cdot 10^{-5} \cdot B_z^2 + 373,3 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 + 283,33 \cdot 10^{-4} \cdot I_n^2 \quad (4)$$

$$\Pi = -6206,01 - 893,602 \cdot 10^{-3} \cdot B_z + 315,101 \cdot 10^{-3} \cdot \omega + 26,59458 \cdot I_n - 281,8 \cdot 10^{-5} \cdot B_z \cdot \omega + 189,5 \cdot 10^{-5} \cdot B_z \cdot I_n - 34,1 \cdot 10^{-5} \cdot B_z^2 - 373,3 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 - 283,33 \cdot 10^{-4} \cdot I_n^2 \quad (5)$$

Анализ системы уравнений (4,5) показал, что с увеличением индукции и частоты магнитного поля наблюдается увеличение количества феррита при значениях индукции магнитного поля $B_z=70...80$ мТл, частоты магнитного поля $\omega=35...50$ Гц с обеспечением феррита $\Phi=70...72$ %. С уменьшением индукции магнитного поля в пределах $B_z=0...25$ мТл при значении тока наплавки в пределах $I_n=460...480$ А наблюдается увеличение количества перлита.

Использование уравнений 4 и 5 позволяет прогнозировать фазовый состав наплавленного металла.

Одним из факторов повышения износостойкости является уменьшение зерна наплавленного металла. Для определения влияния ПРМП на размер зерна проводили оценку балла зерна по ГОСТ 5639 для микрошлифов.

На рис. 7 приведено распределение значений балла зерна образцов наплавленных (ток наплавки $I_n = 480$ А) без внешнего воздействия магнитного поля (а); $B_z=40$ мТл, $\omega=25$ Гц (б); $B_z=80$ мТл, $\omega=25$ Гц (в); при значениях индукции $B_z=40$ мТл частотой $\omega = 50$ Гц, ток наплавки $I_n = 460$ А (г).

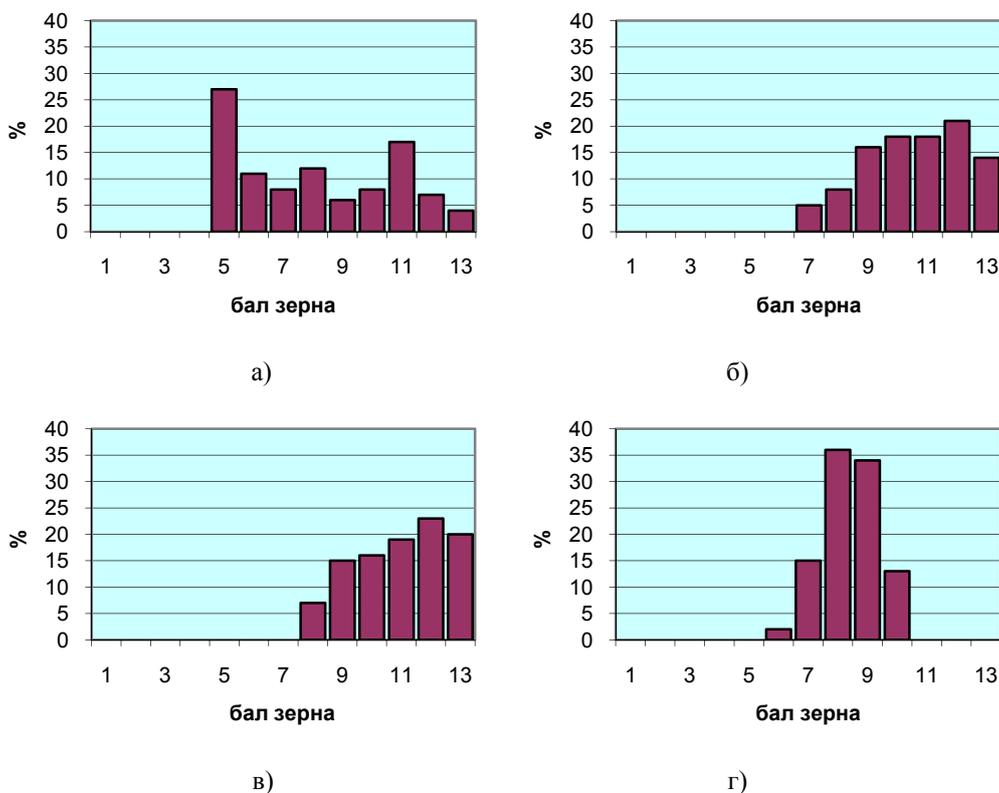


Рис. 7. Распределение значений балла зерна наплавленных образцов

Выводы.

При анализе экспериментальных данных была выведена нелинейная математическая модель зависимости индукции, частоты магнитного поля и тока наплавки на твердость и износостойкость при наплавке, которые позволяют определить влияние индукции, частоты магнитного поля и тока наплавки на твердость и износостойкость наплавленных слоев.

Определено, что для обеспечения максимальной износостойкости наплавленного слоя металла, необходимо использовать следующие режимы: индукция магнитного поля $B_z = 45 \dots 75$ мТл, частота магнитного поля $\omega = 15 \dots 20$ Гц поля и ток наплавки $I_n = 475 \dots 480$ А.

Литература.

1. Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего// Монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
2. Nosov D.G., Razmyshlyaev A.D. effectiveness of application of combined magnetic fields in submerged arc welding / D.G.Nosov, A.D.Razmyshlyaev // The Paton Welding Journal / № 4, 2009 (April), pp 16-20.
3. Nosov D.G., Maltsev V.V. The influence of magnetic fields by a melting rate of wire for arc surfacing under flux. Applied Mechanics and Materials Vol. 379 (2013) pp 178-182.
4. Influence of Frequency and Induction of Longitudinal Magnetic Field on The Electrode Metal Loss and its Spattering During MAG-Welding / D.G.Nosov, V.V.Peremitko // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 91 (2015) 012011. – p 1–8.
5. Носов Д.Г. Источник питания электромагнитной системы для дуговой наплавки с применением внешних управляющих магнитных полей / Сварщик.-2010.-№ 4.-стр. 18-19.
6. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

ЛАЗЕРНО-ДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*И.А. Цибульский, к.т.н., доц., В.В. Сомонов, вед. инженер, А.Д. Ахметов, инженер
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, тел (812)5529843
E-mail: vlad@lrc.ru*

Введение

Титан и сплавы на его основе являются незаменимыми конструкционными материалами за счет наличия уникальных физических свойств, таких как высокая удельная прочность, сопоставимая с показателями для стали, при практически в два раза меньшей плотности. Также сплавы титана обладают высокой температурой плавления и коррозионной стойкостью в агрессивных химических средах, атмосфере и воде.

Технология сварки титана имеет свои особенности: при нагреве свыше 350°C титан активно взаимодействует с атмосферными газами, такими как кислород, водород, азот, в следствие чего заметно снижаются механические свойства сварного соединения. Также титановые сплавы чувствительны к термическому циклу из-за резкого роста зерна при нагреве и охлаждении в области β фазы. Поэтому сварку необходимо вести в среде защитного инертного газа при минимальной погонной энергии. Для образования неразъемного сварного соединения из титана и сплавов на его основе в мировой практике используют различные способы сварки: аргонодуговая, трением, электронно-лучевая. Однако каждый из этих способов имеет свои существенные недостатки: аргонодуговая сварка обладает низкой производительностью, сварка трением - узкой областью применения из-за ограничения на размеры свариваемых деталей, электронно-лучевая сварка – как ограничением по габаритным размерам свариваемых заготовок, так и трудоёмкостью процесса из-за необходимости создания вакуума в рабочей камере. Наиболее перспективной выглядит сварка титана с использованием лазерного излучения. Анализ сторонних работ выявил наличие широкого ряда исследований в этом направлении: использование в качестве источника лазерного излучения твердотельного лазера, как в импульсном режиме [1], с целью снижения остаточных сварочных деформаций, так и в непрерывном режиме при сварке толстых листов титана (16мм) [2]. Также в качестве источника лазерного излучения используют и CO₂ лазер. Отдельные работы посвящены описанию результатов исследования лазерной сварки с присадочной проволокой [3,4], другие - лазерной сварке титановых листов внахлест [5]. Тем не менее, наиболее привлекательным процессом сварки титановых сплавов является лазерно-дуговая сварка, основными преимуществами которой являются минимальные сварочные деформации (сравнимые с деформациями, образованными при лазерной сварке), высокая скорость сварки, большая глубина проплавления, возможность сварки по зазору, а также возможность варьирования химическим составом металла шва [6-8].

Целью данной работы было провести оценку технологической возможности лазерно-аргонодуговой сварки (ЛАДС) неплавящимся электродом титановых сплавов Ti-1.5Al-1.0Mn (OT4-1) и Ti-6Al-4V (BT6) толщиной 5 мм. Исследования в данной области представлены главным образом с использованием электронно-лучевой сварки, но также заметен интерес к применению лазерной сварки: с использованием CO₂ лазера [9,10], твердотельного лазера [11].

В рамках работы помимо изучения влияния параметров ЛАДС на формирования сварного соединения, также был произведен анализ микроструктуры и механических свойств сварных соединений.

1. Проведение эксперимента

1.1. Сварочное оборудование

ЛАДС осуществляли на лазерно-дуговом технологическом комплексе (ЛДТК). В качестве источника лазерного излучения использовали иттербиевый волоконный лазер ЛС-5 (ИРЭ-Полюс) с непрерывным режимом генерации излучения длиной волны 1070 нм и максимальной выходной мощностью 5 кВт. Лазерное излучение фокусировали в пятно диаметром 200 мкм при фокусном расстоянии 300 мм. В качестве дуговой составляющей использовали аппарат для сварки TIG переменным/постоянным током TRITON 220 AC/DC Power Sinus (EWM), с максимальным сварочным током и напряжением холостого хода 220А и 45В соответственно. Присадочную проволоку в зону ЛАДС подавали с использованием подающего устройства ПДГО-601 (НПФ «ИТС»), обеспечивающего подачу проволоки диаметром от 1.2 до 3.2 мм со скоростью от 1 до 13.7 м/мин.

1.2. Сварочные материалы

В рамках экспериментального исследования ЛАДС титановых сплавов Ti-1.5Al-1.0Mn (OT4-1) и Ti-6Al-4V (BT6) использовали пластины с габаритными размерами 200x400x5мм. В качестве присадочной проволоки использовали сварочную проволоку OT4-1св (Ti-1,5Al-1,0Mn) диаметром 1,6 мм. Химический состав титановых сплавов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав титановых сплавов												
	Fe	C	Si	Mn	V	N	Ti	Al	Zr	O	H	При- месей
Ti-1.5Al- 1.0Mn	до 0.3	до 0.1	до 0.15	0.7 - 2		до 0.05	94.138 - 98.3	1 - 2.5	до 0.3	до 0.15	до 0.012	прочих 0.3
Ti-6Al- 4V	до 0.3	до 0.1	до 0.15		3.5 - 5.3	до 0.05	86.485 - 91.2	5.3 - 6.8	до 0.3	до 0.2	до 0.015	прочих 0.3

Для предотвращения окисления сварочной ванны и металла, нагретого до температуры свыше 350⁰С, были использованы инертные газы: аргон и гелий.

1.3. Методы контроля качества сварных соединений, их испытаний и используемое оборудование

Все сварные соединения подвергали визуальному контролю на наличие внешних дефектов, а для исследования геометрии сварных швов, внутренних дефектов и микроструктуры были изготовлены микрошлифы. Исследования характера плавления и переноса присадочного материала в ванну расплава, а также стабильности горения дуги, проводились при помощи высокоскоростной видеокамеры С100 CENTURIO, с частотой съёмки 3000 кадров/сек.

2. Результаты экспериментального исследования и их анализ

ЛАДС осуществляли в нижнем пространственном положении за один проход. С целью обеспечения максимальной производительности процесса ЛАДС выполняли при максимальной выходной мощности лазерного излучения 5 кВт.

2.1. Плавление присадочной проволоки

В процессе ЛАДС присадочную проволоку подавали вдоль стыка со стороны дуги при минимально возможном угле относительно поверхности пластин 10-15⁰. С целью определения характера плавления присадочной проволоки использовали скоростную видеосъёмку. Кадры скоростной видеосъёмки представлены на рисунке 1.

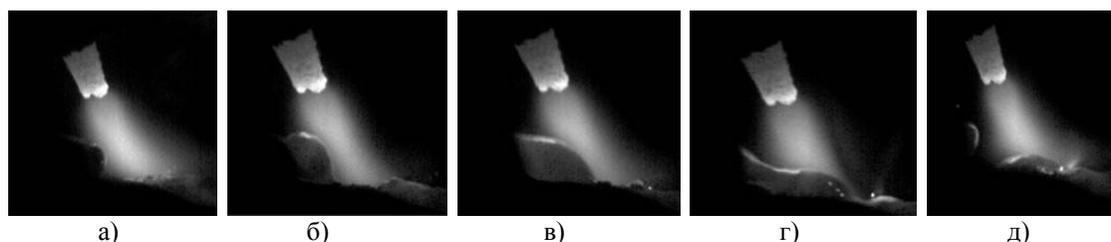


Рис. 1. Перенос присадочного материала в сварочную ванну: мощность лазерного излучения (Рл) - 5кВт, скорость ЛАДС (Vсв) – 0.9 м/мин, ток дуги (Iд) - 140А, напряжение дуги (Uд) - 18В, скорость подачи присадочной проволоки (Vпп) – 1.1 м/мин; расстояние от конца электрода до поверхности пластин (h) - 3 мм

Как можно увидеть из рисунка 1 процесс плавления присадочной проволоки можно разделить на несколько стадий: нагрев проволоки в передней части дуги и её расплавление с образованием за счёт сил поверхностного натяжения сферической капли на её торце (рисунок 1а); рост сферической капли за счёт плавления новых порций присадочной проволоки и удержание её на торце проволоки благодаря силам поверхностного натяжения (рисунок 1б); с увеличением объёма расплавленного металла присадочной проволоки и массы за счёт действия силы тяжести капля изменяет свою форму (рисунок 1в); с приближением ванны расплава, а также при увеличении давления дуги на поверхности, капля вытягивается (рисунок 1г) и отделяется от торца присадочной проволоки, стекая в ванну расплава (рисунок 1д). Цикличность данного процесса обеспечивает равномерный перенос расплавленного присадочного металла в сварочную ванну. Плавление присадочной проволоки дугой позво-

ляет обеспечить расходование дорогостоящего лазерного излучения на проплавление свариваемых пластин, а также обеспечивает предварительный подогрев свариваемых пластин, повышая их коэффициент поглощения лазерного излучения.

2.2. Влияние расстояния между электродом и поверхностью свариваемых пластин на стабильность горения дуги

Для определения оптимального расположения электрода была осуществлена ЛАДС с расстоянием между электродом и поверхностью свариваемых пластин в диапазоне от 2 до 3 мм. Процесс ЛАДС снимали скоростной видеокамерой. По результатам исследования можно заключить, что капля расплава на этапе её роста увеличивается в объёме, сохраняя сферическую форму. При этом в какой-то момент времени диаметр сферической капли увеличивается до 2 мм, достаточного для замыкания дугового промежутка. В момент короткого замыкания дуга гаснет. При дальнейшем росте капли с увеличением её массы, а также увеличение давления дуги на её поверхности влечёт за собой и изменение формы капли. Таким образом, капля расплава на торце присадочной проволоки не успевает достичь диаметра 3 мм и перетекает в ванну расплава по механизму, описанному в предыдущем разделе, в связи с чем, короткого замыкания не образуется, и дуга горит стабильно.

2.3. Влияние скорости сварки на формирование сварного соединения

Оценка влияния скорости ЛАДС на формирование сварного соединения выполнялась в диапазоне от 0,72 м/мин до 1,5 м/мин. Электрод располагался под углом 30° от вертикали. Расстояние между осями лазерного излучения и электродом на поверхности пластин составлял 3 мм. ЛАДС осуществляли без присадочной проволоки и без защиты корня шва. С верхней стороны ванну расплава и металл шва защищали аргоном в количестве 30 л/мин. Сварка велась на следующих параметрах режима: мощность лазерного излучения: 5 кВт, заглубление фокальной плоскости луча: - 1 мм, сила тока на дуге: 160А, напряжение на дуге: 18В. Внешний вид результата эксперимента со стабильным сквозным проваром пластин представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Внешний вид сварного соединения, выполненного ЛАДС, $V_{св} = 0,72$ м/мин

Результаты сварки, выполненные на высоких скоростях и, как следствие, низкой погонной энергии были без стабильного сквозного проплавления. Наибольшей стабильностью проплавления отличалось сварное соединение, образованное при ЛАДС со скоростью 0,72 м/мин и максимальной погонной энергией. По результатам данного исследования было принято решение проводить дальнейшие эксперименты ЛАДС со скоростью сварки 0.72 м/мин.

2.4. Влияние величины заглубления фокальной плоскости лазерного излучения на формирование сварного соединения

ЛАДС с заглублением фокальной плоскости (Δf) от 1 до 7 мм с шагом в 1 мм относительно поверхности свариваемых пластин осуществляли с целью достижения стабильного сквозного проплавления. Сварка велась на выбранной в предыдущем подразделе скорости с сохранением значений остальных параметров режима.

Сварку осуществляли без присадочной проволоки и без защиты корня шва. Электрод располагался под углом 30° от вертикали. Расстояние между осями лазерного излучения и электрода на поверхности пластин составляло 3 мм. С верхней стороны ванну расплава и металл шва защищали аргоном в количестве 30 л/мин. Внешний вид полученного стабильного сварного соединения на рисунке 3.



Рис. 3. Внешний вид сварного соединения, $\Delta f = 1$ мм

Верхние валики полученных сварных соединений были окрашены в цвета побежалости, свидетельствующие о недостаточной защите в процессе сварки, это видно по рисунку 3а. Обратные валики имели неровную поверхность и были окрашены в коричневый цвет, свидетельствующий об отсутствии защиты металла шва. При визуальном исследовании геометрии сварных соединений обнаружено уменьшение ширины нижнего валика и увеличение ширины верхнего валика при заглоблении фокальной плоскости лазерного луча. При этом стабильное формирование обратного валика (сквозное проплавление) обнаружено при $\Delta f = 1$ мм.

Далее выполняли ЛАДС с присадочной проволокой на режиме, представленном в таблице 2. Сварочная ванна и металл, нагретый до температуры выше 350°C были защищены аргоном. Внешний вид сварных соединений представлен на рисунке 4.

Таблица 2

Параметры режима ЛАДС					
№ режима	Рл, кВт	$V_{\text{св}}$, м/мин	Δf , мм	Id, А	Uд, В
8	5	0.72	-1	160	18



Рис. 4. Внешний вид сварного соединения, полученного с подачей присадочной проволоки

При визуальном осмотре сварного соединения каких-либо внешних дефектов не обнаружено. Сварное соединение имело стабильное сквозное проплавление. Цвет верхнего валика изменялся от светло-серебряного до светло-соломенного. Обратный валик имел светло-серебряный цвет, свидетельствующий о равномерной качественной защите.

3. Металлографические исследования

При осмотре поперечного сечения сварного соединения с использованием оптического микроскопа обнаружено его уширение в верхней и нижней частях. Основной вклад в сквозное проплавление вносит лазерное излучение; энергия дуги при этом расходуется на расплавление присадочного материала и верхних слоёв пластины.

3.1. Микроструктура сварного соединения

Исследованные в данной работе титановые сплавы относятся к разным группам: Ti-1.5Al-1.0Mn (OT4-1) - псевдо α сплав с содержанием β фазы до 5% и Ti-6Al-4V (BT6) – сплав мартенситного типа, близкий к псевдо α сплавам.

В результате сварки сплавов Ti-1.5Al-1.0Mn и Ti-6Al-4V между собой с применением сварочной проволоки с химическим составом, соответствующим Ti-1.5Al-1.0Mn получена структура металла шва, состоящая из мартенситной α' – фазы. В околошовной зоне сварного соединения наблюдаются три характерных участка: участок крупного зерна (перегрева), где температура нагрева изменяется от температуры плавления до 1300°C ; участок полной перекристаллизации, где при охлаждении, структуры аналогичны тем, которые возникают на участке крупного зерна; участок неполной перекристаллизации (рисунок 5).

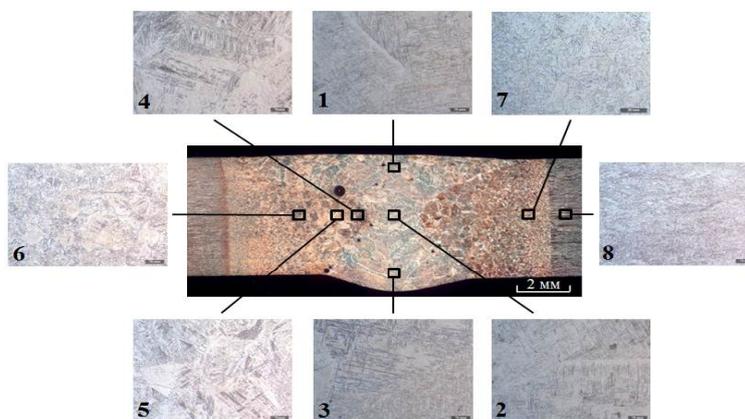


Рис. 5. Микроструктура сварного соединения

4. Механические испытания

4.1. Статическое растяжение

Для испытания на статическое растяжение по ГОСТу 1497-84 «Методы испытаний на растяжение» из сварного соединения, представленного на рисунке 4, были изготовлены образцы. По результатам испытаний

величина временного сопротивления колебалась от 653 до 661 МПа, при этом разрушение образца происходило по основному металлу. Это доказывает, что параметры режима ЛАДС, обеспечивают образование сварного соединения, прочность которого не уступает основному металлу.

4.2. Измерение микротвёрдости

Измерение микротвёрдости производилось по схеме, представленной на рисунке 6.

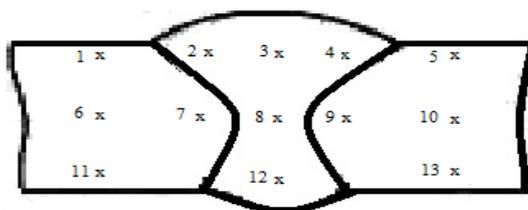


Рис. 6. Схема измерения микротвёрдости.

Результаты измерений микротвёрдости представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерений микротвёрдости													
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
HV	283.3	282.9	253.9	272	231.1	272.4	273.8	264.4	211	213.2	264.6	247.9	214.2

Из результатов измерения следует, что сварной шов имеет микротвёрдость среднюю между Ti-6Al-4V (значения под номерами 1,6,11) и Ti-1.5Al-1.0Mn (значения под номерами 5,10,13) около 260 HV.

По исследованию химического состава металла шва выяснено, что он формируется присадочным материалом Ti-1.5Al-1.0Mn. В составе металла шва не отмечено наличие V, что свидетельствует о минимальной доли участия Ti-6Al-4V в формировании состава металла шва.

Выводы

По результатам проведённой работы можно сделать следующие выводы:

1. при экспериментальном исследовании характера переноса металла присадочной проволоки в сварочную ванну, выявлено её плавление в передней части дугой с равномерным капельным характером переноса;
2. экспериментально определено минимальное расстояние между концом электрода и поверхностью свариваемых пластин, обеспечивающее стабильное горение дуги;
3. проведены экспериментальные исследования влияния скорости сварки и величины заглупления фокальной плоскости лазерного луча на стабильность проплавления при ЛАДС титановых сплавов;
4. изготовлены приспособления, обеспечивающие качественную защиту ванны расплава и металла, нагретого свыше температуры 350⁰С, от атмосферы;
5. по результатам исследования разработана технология ЛАДС с присадочной проволокой титановых сплавов Ti-1.5Al-1.0Mn и Ti-6Al-4V толщиной 5 мм и получены сварные соединения, с удовлетворительными механическими свойствами.

Литература.

1. K. Richter, W. Behr, U. Reisgen, 2007, Low Heat Welding of Titanium Materials with a Pulsed Nd:YAG Laser, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, Volume 38, Issue 1, pp 51–56.
2. Andre Schneider, Andrey Gumenyuk, Marco Lammers, Andreas Malletschek, Michael Rethmeier, 2014, Laser beam welding of thick titanium sheets in the field of marine technology, Physics Procedia 56 (2014), pp 582 – 590.

3. Nikolai Kashaev, Volker Ventzke, Manfred Horstmann, Stefan Riekehr, Grigory Yashin, Lennart Stutz, Werner Beck, 2014, Microstructure and Mechanical Properties of Laser Beam Welded Joints between Fine-Grained and Standard Ti-6Al-4V Sheets Subjected to Superplastic Forming, *Advanced Engineering Materials*, 2015, 17, No. 3, pp 374-382.
4. Bergmann, J.P., 2005, Mechanical behaviour of overlap joints of titanium, *Science and Technology of Welding and Joining*, Volume 10, Issue 1, February 2005, pp 50-60.
5. Liu L.M., Hao X.F., Du X., 2008, Microstructure characteristics and mechanical properties of laser-TIG hybrid welding joint of TA15 titanium alloy, *Materials Research Innovations*, Volume 12, Issue 3, September 2008, pp 114-118.
6. Turichin, G., Velichko, O., Kuznetsov, A., Pevzner, J., Grinin, O., Kuznetsov, M., 2014, Design of mobile hybrid laser-arc welding system on the base of 20 kW fiber laser, *Proceedings - 2014 International Conference Laser Optics*, LO 2014.
7. Tsibulskiy, I., Kuznetsov, M., Akhmetov, A. Effect of welding position and gap between samples on hybrid laser-arc welding efficiency, *Applied Mechanics and Materials*, Volume 682, 2014, pp 35-40.
8. Wang S.Q., Liu J.H., Chen D.L. 2013, Strain-controlled fatigue properties of dissimilar welded joints between Ti-6Al-4V and Ti17 alloys, *Materials and Design*, Volume 49, pp 716-727.
9. Liu P. S., Baeslack III W. A., Hurley J. 1994, Dissimilar Alloy Laser Beam Welding of Titanium: Ti-6Al-4V to Beta-CTM, *Welding Research Supplement*, pp 175-181.
10. Chiu C.Y., Lu M.Y., Tsay L.W., 2011, Dissimilar laser welding of Ti-6Al-4V to Ti-6Al-6V-2Sn, *Advanced Materials Research*, Volume 295-297, pp 2353-2357.
11. Chiu C.Y., Hsieh C.T., Tsay L.W., 2014, Microstructure and notched tensile fracture of Ti-6Al-4V to Ti-4.5Al-3V-2Fe-2Mo dissimilar welds, *Materials and Design*, Volume 63, pp 14-19.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВОВ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ НАПЛАВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

*Н.А. Козырев, д.т.н., проф., А.А. Уманский, к.т.н., доц., Д.А. Титов, аспирант,
Р.А. Гизатулин, д.т.н., проф.*

*Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42 тел. (3843) 46-35-02
E-mail: umanskii@bk.ru*

В настоящее время широкое распространение получила технология наплавки поверхности деталей ответственного назначения [1-12], в том числе калибров прокатных валков [7-12]. Восстановление рабочей поверхности прокатных валков методом наплавки позволяет продлить срок их службы и повысить стойкость валков, что в конечном итоге приводит к уменьшению себестоимости производства готового проката. Несмотря на широкий спектр используемых марок порошковых проволок для наплавки, наибольшее распространение получили проволоки двух систем легирования: C-Si-Mn-Cr-W-V и C-Si-Mn-Cr-V-Mo.

Первая система легирования представлена порошковой проволокой марки ПП-Нп-35В9Х3СФ, содержащей до 10 % вольфрама. Наплавленные указанной порошковой проволокой валки обладают высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах, однако их термическая выносливость относительно невысока – валки, наплавленные данной проволокой, часто выходят из строя из-за образования сетки трещин разгара и выкрашивания.

Использование порошковых проволок системы легирования C-Si-Mn-Cr-V-Mo позволяет получать наибольшее сопротивление термической усталости металла. Так по данным исследований [8] термическая стойкость валков, наплавленных проволокой марки ПП-Нп-25Х5ФМС практически в 3 раза выше данного показателя для проволоки ПП-Нп-35В9Х3СФ.

Химический состав наплавленного металла (второй и последующий слои) при использовании указанных видов порошковой проволоки согласно требований ГОСТ 26101-84 представлен в таблице 1.

Таблица 1

Марка порошковой проволоки	Химический состав наплавленного металла по ГОСТ 26101–84									
	Химический состав, %								S	P
	C	Cr	Mn	Si	Mo	V	W	не более		
ПП-Нп-35В9Х3СФ	0,27-0,40	2,2-3,5	0,6-1,1	0,4-1,0	-	0,2-0,4	8,0-10,5	0,045	0,045	
ПП-Нп-25Х5ФМС	0,20-0,31	4,7-5,9	0,4-0,9	0,8-1,3	0,9-1,4	0,3-0,6	-	0,040	0,040	

Различие свойств порошковых проволок вышеприведенных марок обуславливают рекомендуемые области их применения. В частности, авторы работы [12] на основании проведенных исследований рекомендуют для наплавки валков непрерывно-заготовочных, проволочных и трубопрокатных станков использовать порошковую проволоку марки ПП-Нп-35В9Х3СФ; а порошковую проволоку ПП-Нп-25Х5ФМС – для наплавки валков обжимных, крупносортовых, рельсобалочных, средне-сортовых, мелкосортных и листопрокатных станков.

Следует отметить, что ресурс традиционных наплавочных материалов на сегодняшний момент практически исчерпан и активно ведутся разработки новых составов порошковых проволок. Так по данным работы [8] при наплавке разработанной проволокой марки «ВЕЛТЕК-Н505РМп» зафиксировано увеличение трещиностойкости в 2 раза и износостойкости в 1,3 раза относительно использования проволоки ПП-Нп-35В9Х3СФ. При этом структура металла наплавленного указанной порошковой проволокой представляет собой смесь троостита и мартенсита с выделением по границам зерен тонких аустенитных оторочек; на границах зерен формируются в незначительном количестве включения карбидной эвтектики.

В рамках развития направления по совершенствованию составов наплавочных проволок проведены исследования по вводу в их состав новых материалов: углеродфторсодержащей добавки – пыли газоочистки алюминиевого производства и порошка никеля. В качестве базовых использовали порошковые проволоки марок ПП-Нп-25Х5ФМС и ПП-Нп-35В9Х3СФ.

Ранее проведенные эксперименты по введению углеродсодержащего материала в состав сварочных флюсов [13, 14] показал, что углерод в его составе обладает повышенной активностью, раскисляет металл и восстанавливает оксиды, находящиеся в металле и в шлаке с образованием оксидов углерода. Это позволило использовать для наплавки высоколегированной проволокой слабоокислительный флюс марки АН-67 по ГОСТ Р 52222–2004. Марганец в состав проволоки не вводили в связи с его восстановлением из образующегося шлака.

При проведении исследований для каждой марки порошковой проволоки изготавливали образцы стандартного состава (с использованием аморфного графита), образцы с использованием углеродфторсодержащей добавки (взамен аморфного графита) и образцы с одновременным использованием углеродфторсодержащей добавки и порошка никеля. Состав используемой углеродфторсодержащей добавки представлен в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав углеродфторсодержащей добавки												
Содержание компонента, %												
Al ₂ O ₃	F	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	C _{общ}	MnO	MgO	S	P	
21-46	18-27	8-15	0,4-6	0,7-2,3	0,5-2,5	2,1-3,3	12,5-30,2	0,07-0,9	0,06-0,9	0,09-0,19	0,10-0,18	

Многослойную (в 6 слоев) наплавку образцов производили с предварительным подогревом пластин до 350⁰С и последующим (после наплавки) замедленным охлаждением. Наплавку проводили сварочным трактором АСАW-1250 на пластины из стали 09Г2С. Основные параметры режима наплавки: сварочный ток I_д=400А, напряжение на дуге U_д = 32В, скорость сварки v_н=0,8 см/с.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Металлографический анализ осуществляли с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле

в диапазоне увеличений $\times 100 - 1000$ после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении $\times 100$. Исследование продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении $\times 100$ с помощью металлографического микроскопа ЛабоМет-1И. Твердость определяли по методу Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9013-59. С целью изучения свойств отдельных участков микроструктуры стали, в частности мартенсита, использовали метод определения микротвердости структурных составляющих в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76. По Виккерсу исследования выполняли на цифровом микротвердомере модели *HVS-1000* с автоматической поворотной головкой и цифровым отображением данных. Для каждого образца проводили 10 измерений микротвердости мартенсита по следующей методике. В поверхность испытуемого образца под действием нагрузки 1 Н вдавливался наконечник в форме четырехгранной алмазной пирамиды. После снятия нагрузки число твердости определяли в соответствии с длинами диагоналей полученного отпечатка. Расчет числа твердости по Виккерсу, его отображение на экране компьютера и сохранение изображения с отпечатком выполнены автоматически благодаря использованию CCD-камеры с соответствующим программным обеспечением анализа изображений.

По результатам проведенных металлографических исследований установлено, что введение в состав порошковых проволок марок ПП-Нп-25Х5ФМС и ПП-Нп-35В9Х3СФ углеродфторсодержащей добавки обеспечивает снижение уровня загрязненности неметаллическими включениями наплавленного металла (рисунок 1): происходит значительное снижение количества строчечных кислородных включений и силикатов недеформирующихся в структуре образцов.

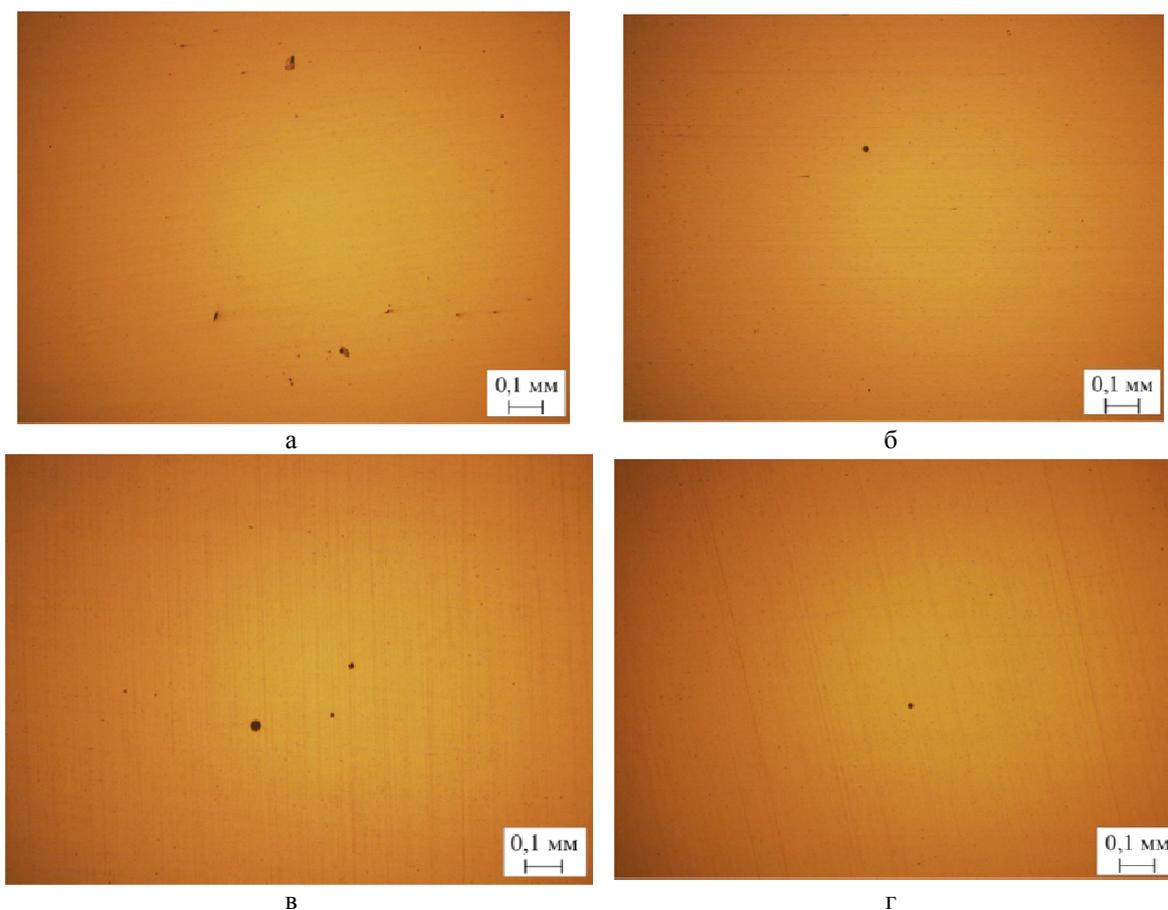


Рис. 1. Неметаллические включения в образцах, наплавленных порошковой проволокой 25Х5ФМС (а, б) и порошковой проволокой 35В9Х3СФ (в, г): а, в – с использованием графита аморфного; б, г – с использованием углеродфторсодержащей добавки

По полученным данным структура образцов с добавкой аморфного углерода представляет собой мартенсит и небольшое количество остаточного аустенита в межзеновом пространстве (рисунок 2 а, в). Следует также отметить наличие ферритной составляющей в виде сетки (рисунок 2 в). Для образцов с аморфным углеродом установлено наличие карбидов, распределенных по телу зерен. Величина зерна аустенита по шкале зернистости соответствует в основном № 6 и в некоторых областях №7.

Использование углеродфторсодержащей пыли приводит к следующим изменениям – в микро-структуре металла кроме мартенсита и сформированных по границам зерен отдельных тонких аустенитных оторочек присутствует игольчатый троостит, наблюдаются более мелкодисперсные карбиды (рисунок 2 б). Кроме этого, использование углеродфторсодержащего материала обеспечивает устранение ферритной составляющей в виде сетки, охрупчивающей сталь (рисунок 2 г).

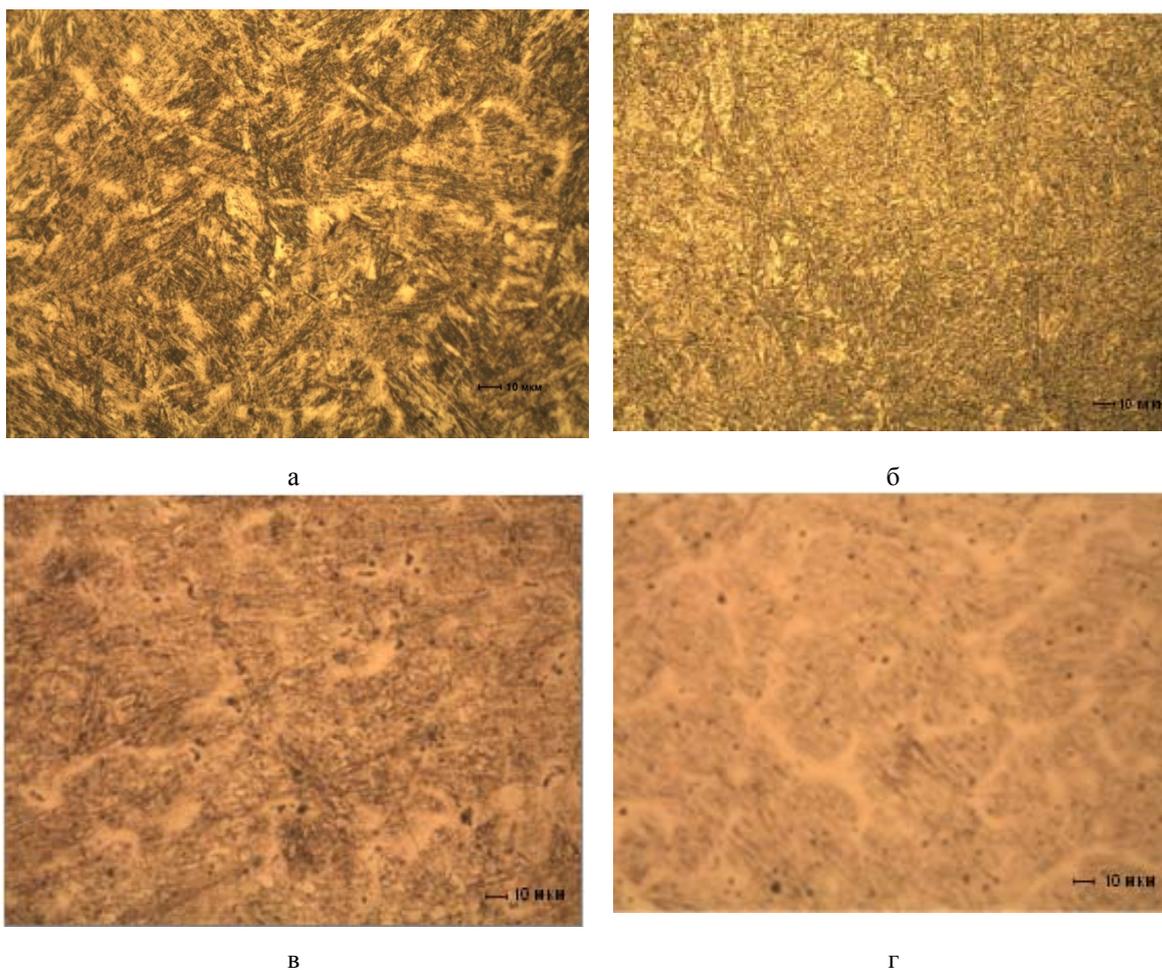


Рис. 2. Микроструктура образцов, наплавленных порошковой проволокой марки 25X5ФМС:
а, в – изготовленной с использованием графита аморфного;
б, г – изготовленной с использованием углеродфторсодержащей добавки

Установлено, что использование углеродфторсодержащего материала взамен графита аморфного обеспечивает не только улучшение микроструктуры металла, но и повышает уровень прочностных свойств наплавленного слоя – зафиксировано повышение средней твердости наплавленного слоя на 5 % и 3 % для наплавки порошковыми проволоками марок 25X5ФМС и 35В9Х3СФ соответственно (таблица 3).

Твердость наплавленного слоя исследуемых образцов				
Марка порошковой проволоки	Состав порошковой проволоки	Твердость наплавленного слоя, HRC		
		средняя	max	min
25X5ФМС	Стандартный	43,2 – 45,4	43,4 – 46,0	41,5 – 45,2
	С использованием углеродфторсодержащей пыли	45,0 – 48,1	45,5 – 48,5	45,0 – 47,0
35В9Х3СФ	Стандартный	45,5 – 49,0	46,0 – 49,2	45,2 – 48,7
	С использованием углеродфторсодержащей пыли	46,0 – 50,8	45,2 – 49,3	47,0 – 51,2

С целью определения влияния химического состава порошковой проволоки на твердость наплавленного слоя проведено исследование методом множественного регрессионного анализа. В результате получены уравнения вида:

Для проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС

$$HRC = 41,3 + 157,8 \cdot C + 4,3 \cdot Si - 0,4 \cdot Cr - 4,0 \cdot Ni + 47,8 \cdot Ti, R_{\text{сов}} = 0,93 \quad (1)$$

Для проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ

$$HRC = 34,2 + 298,8 \cdot C - 6,9 \cdot Mn - 1,3 \cdot Cr + 4,7 \cdot W + 5,0 \cdot V + 19,9 \cdot Ti, R_{\text{сов}} = 0,97 \quad (2)$$

По полученным данным наибольшее влияние на твердость поверхности наплаваемого слоя оказывает углерод. При повышении содержания углерода на 0,1 % в проволоке ПП-Нп-25Х5ФМС твердость возрастает на 15 единиц HRC, в проволоке ПП-Нп-35В9Х3СФ – на 30 единиц HRC. Кроме повышения средней твердости поверхности наплавленного слоя увеличение содержание углерода также повышает микротвердость мартенсита. На рисунке 3 в графическом виде представлена зависимость микротвердости мартенсита от углеродного эквивалента проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ, рассчитанного по формуле Института электросварки им. Е.О. Патона.

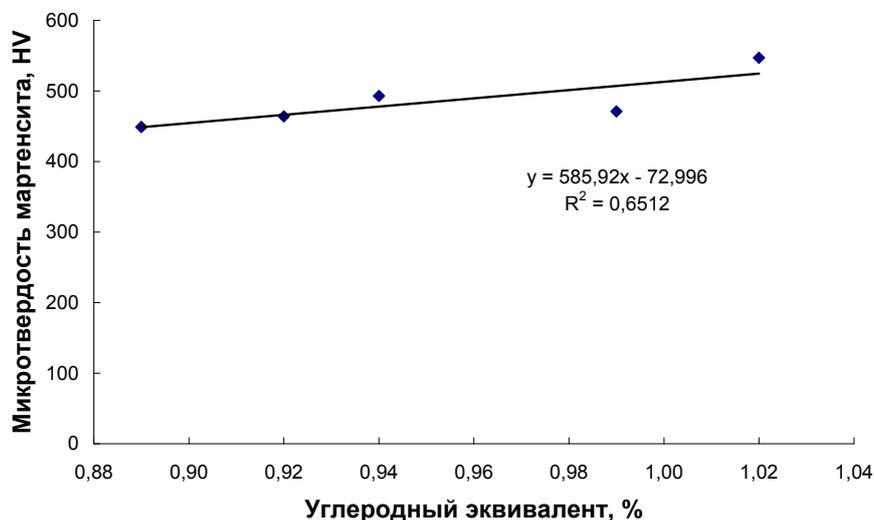


Рис. 3. Зависимость микротвердости мартенсита в структуре наплавленного слоя от углеродного эквивалента используемой порошковой проволоки 35В9Х3СФ

Полученные данные соответствует общепринятым представлениям о влиянии углерода на механические свойства сталей и сплавов.

Применительно к использованию проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС некоторому увеличению твердости наплавленного слоя способствует увеличение содержания кремния и титана. При этом с учетом интервала изменения указанных элементов степень воздействия кремния может составлять до 5 единиц HRC, а титана – не более 1 единицы HRC.

Для проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ повышению твердости наплавляемого слоя способствует увеличение содержания таких элементов, как титан, ванадий и вольфрам. Увеличение концентрации вольфрама в рассматриваемых пределах приводит к повышению твердости до 30 единиц HRC. Влияние концентрации ванадия и титана на твердость наплавляемого слоя значительно менее выражено и составляет в абсолютных значениях до 2 и 1 единицы HRC соответственно.

Введение никеля в состав проволоки увеличивает объемную долю остаточного аустенита (рисунок 4), измельчает зерна аустенита, что способствует повышению термической стойкости напавленного слоя.

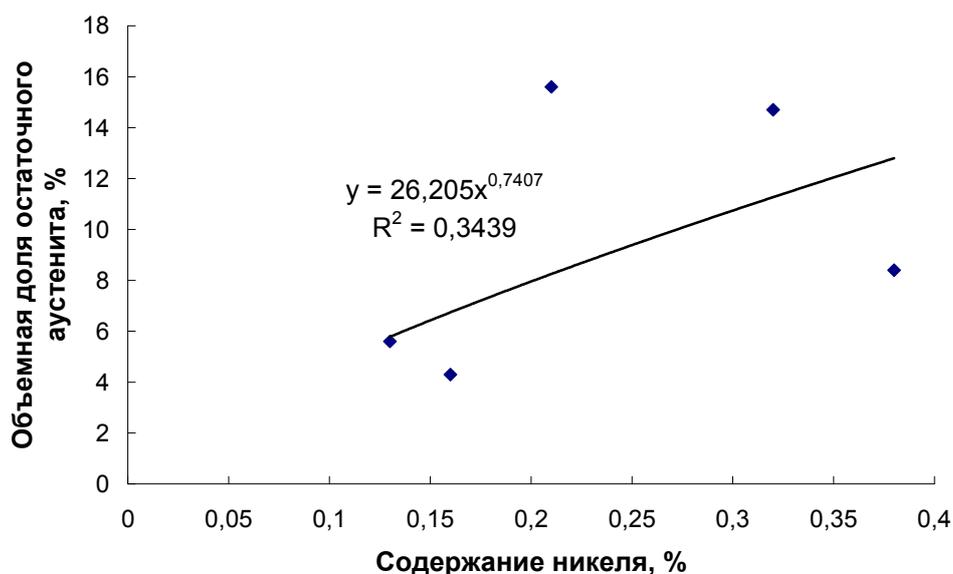


Рис. 4. Влияние содержания никеля в порошковой проволоке ПП-Нп-25Х5ФМС на объемную долю остаточного аустенита в напавленном слое

Проведенные исследования позволили разработать новые, защищенные патентами Российской Федерации, составы порошковых проволок для наплавки прокатных валков [15, 16] – таблицы 4, 5.

Опытно-промышленное опробование указанных составов проволоки проводили в условиях ООО «ЭлСиб» путем наплавки заготовок рабочих валков с диаметром рабочей части 150 мм, длиной 425 мм. Наличие трещин, пор и неметаллических включений после наплавки оценивали ультразвуковым и магнитопорошковым методами, а также на металлографических шлифах. Содержание водорода в напавленном металле определялось методом восстановительного плавления в вакууме или в потоке инертного газа-носителя на газоанализаторе фирмы «LECO» TC-600 (США).

При наплавке порошковой проволокой с шихтой заявляемого состава дефекты (трещины, поры и неметаллические включения) не обнаружены. По полученным данным содержание водорода изменялось в пределах 0,2-0,6 см³/100 г и 0,2-0,7 см³/100 г напавленного металла для проволок состава согласно таблиц 2 и 3 соответственно (допустимое содержание водорода в высоколегированном напавленном металле составляет до 2 см³/100 г металла). Низкое содержание водорода объясняется его эффективным удалением за счет комплекса фторсодержащих соединений, входящих в состав углерофторсодержащей пыли. Указанные соединения разлагаются при температурах сварочных процессов с выделением фтора, который в свою очередь взаимодействует с водородом, растворенным в стали, с образованием газообразных соединений типа HF.

Таблица 4

Состав порошковой проволоки (прототип проволока марки ПП-Нп-25Х5ФМС) – [15]

Наименование компонента	Содержание компонента, %
оболочка	67,0-68,0
ферромарганец	0,50-1,20
ферросилиций	1,0-1,75

Наименование компонента	Содержание компонента, %
феррохром	7,2-9,1
ферромолибден	1,5-2,3
феррованадий	0,6-0,8
углеродфторсодержащая пыль электрофильтров алюминиевого производства	0,70-1,20
железный порошок	остальное

Таблица 5

Состав порошковой проволоки (прототип проволока марки
ПП-Нп-35В9Х3СФ) – [16]

Наименование компонента	Содержание компонента, %
оболочка	67,0-68,0
ферровольфрам	10,0-13,75
ферромарганец	0,76-1,41
ферросилиций	0,26-1,34
феррохром	3,38-5,38
феррованадий	0,4-1,0
никель	0,1-1,0
углеродфторсодержащая пыль электрофильтров алюминиевого производства	0,80-2,58
железный порошок	остальное

Твердость наплавленного металла составила 48-54 HRC и 42-46 HRC для проволок состава согласно таблиц 4 и 5 соответственно. Повышение твердости обусловлено интенсивным науглероживанием при взаимодействии фтористого углерода CF_x ($1 \geq x > 0$) с карбидообразующими элементами, что позволяет увеличить количество карбидной составляющей в структуре наплавленного металла.

На основании положительных результатов опытно-промышленного опробования технология наплавки валков с использованием предложенных порошковых проволок внедрена в производство.

Литература.

1. Special features of surfacing working surfaces of turbine blades / V. A. Frolov, M. A. Kryukov, B. V. Ryabenko, A. V. Kurdyukov // *Welding International*. 2015. Vol. 29. №2. pp. 145-149.
2. Investigation of the processes of surfacing joint faces in turbine casings in nuclear power stations / Y. A. Artemenko, E. S. Fedyukin, A. A. Gusev, A. A. Neranov // *Welding International*. 2015. Vol. 29. №6. pp. 479-480.
3. Restoration of the geometry and properties of rollers of the lower section of bearings by surfacing / V. N. Lastovirya, V. V. Novokreshchenov, R. V. Rodyakina // *Welding International*. 2015. Vol. 29. №10. pp. 815-818.
4. Increasing the service life of railway engineering components by induction surfacing / Y. A. Zaichenko, A. Y. Mamykina, A. N. Ferapontov // *Welding International*. 2014. Vol. 28. №3. pp. 248-250.
5. Surfacing of plungers for high-pressure vessels / V. A. Korotkov, I. D. Mikhailov // *Welding International*. 2013. Vol. 27. №10. pp. 485-488.
6. Renovation surfacing of metallurgical and mining equipment using flux-cored wires / L. N. Orlov, A. A. Golyakevich, V. I. Titarenko, V. N. Peleshko // *The Paton Welding Journal*. 2005. №12. pp. 40-44.
7. Flux-cored wires for surfacing of steel hot mill rolls / I.A. Kondratiev, I. A. Ryabtsev // *The Paton Welding Journal*. 2014. №6-7. pp. 95-96.
8. Восстановительная наплавка валков прокатных станков порошковой проволокой / В. И. Титаренко, А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, В. В. Мосыпан, М. А. Бабенко, Д. В. Телюк, В. В. Тарасенко // *Сварочное производство*. – 2013. – №7. – С. 29-32.

9. Рациональные режимы эксплуатации и восстановления прокатных валков / А. И. Трайно // Сталь. – 2008. – № 10. – С. 86-91.
10. Повышение трещиностойкости и сопротивления износу наплавленных рабочих валков горячей прокатки / Э. Н. Шебаниц, Н. И. Омеляненко, Ю. Н. Куракин, В. Н. Матвиенко // Металлург. – 2012. – № 8 – С. 72-75.
11. Восстановление наплавкой деталей металлургического оборудования в условиях ОАО «ММК им. Ильича» / В. Н. Матвиенко, С. В. Гулаков, В. А. Роянов // Металл и литье Украины. – 2005. – №7-8. – С. 66-69.
12. Дуговая и электрошлаковая наплавка валков прокатных станов / И. А. Кондратьев, И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. - № 4. – С. 14-17.
13. Effect of carbon- and fluorine-containing additions in the composition of fluxes on the content of non-metallic inclusions and properties of welded joints / N. A. Kozyrev, V. F. Igushev, R. Y. Kryukov, Z. V. Goldun, I. N. Kovalsky // Welding International. 2013. Vol. 27. №12. pp. 963-965.
14. Influence of carbon-fluorine containing additives in the welding fluxes upon the amount of nonmetallic inclusions and properties of welds / N. A. Kozyrev, V. F. Igushev, R. E. Kryukov, Z. V. Goldun, I. N. Kovalsky Welding Production (English translation of Sverochnoe Proizvodstvo). 2012. № 12. С. 3-6.
15. Пат. 2518211 РФ, МПК ⁸ В23 К35/368 Порошковая проволока/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Титов Д.А., Козырева О.Е., Старовацкая С.Н.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.-№2013121468/02 (031580), заявл. 07.05.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. – 7 с.
16. Пат. 2518035 РФ, МПК ⁸ В23 К35/368 Порошковая проволока/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Титов Д.А., Козырева О.Е.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.-№2013128792/02 (042890), заявл. 24.06.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. – 7 с.

ВЫПЛАВКА ФЕРРОСИЛИКОХРОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

А.К. Жунусов, к.т.н., доц., В.И. Кулинич, к.т.н., доц.

*Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова
140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Чокина, 139, тел. 8(7182)67-36-23*

E-mail: zhunusov_ab@mail.ru

В настоящей работе рассматривается с помощью компьютерных расчетных программ (КРП) влияние качества, соотношений и количества твердого углерода в наборе восстановителей составляющих шихты выплавки ферросиликохрома марки ФХС-48 на Аксуском заводе ферросплавов [1-5]. Геометрические и электротехнические параметры электропечи № 43 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Геометрические и электротехнические параметры электропечи № 43

Электропечь	Проектные геометрические параметры, м					
	Диаметр электрода, $D_Э$	Диаметр распада, D_P	Диаметр ванны, D_B	Диаметр колошника, D_K	Высота ванны, H_B	Высота воронки, $h_в$
Печь № 43	1,4	3,90	7,9	10,0	2,93	-
Электротехнические параметры, r и x в МОм						
Электропечь	Активное сопротивление короткой сети, $r_{ккс}$	Индуктивн. сопротив-е, $x_{ккс}$	Индуктивн. сопротив-е с УПК, x_c	Линейное напряжение, $U_n, В$	Ступени вторичного напряжения, $U_{л.ст.}, В$	Мощность печи, $S, МВ\cdot А$
Печь № 43	0,19	0,37	0,676	140-230	23	25

При проведении исследований по выплавке ферросиликохрома на печи № 43 АЗФ шихта варьировалась различной шихтовкой. В первом варианте навеска Щубаркульского угля была снижена до 169,7 кг, а навеска Аксуского кокса повышена до 318,5 кг, при постоянном содержании твердого топлива ($C_{ТВ}$) в 399 кг. Во втором варианте навеска Щубаркульского угля снижена до 3,385 кг, а навеска Аксуского кокса повышена до 431,8 кг при содержании твердого топлива в 421 кг. В третьем

варианте количество $C_{ТВ}$ уменьшено на 5 кг за счет снижения навески Щубаркульского угля с тем, чтобы снизить содержание SiC в ванне до 1,2 кг. В четвертом варианте вывели печь на недостаток углерода в 10,1 кг с повышением SiO₂ в шлаке до 60 %. В пятом избыток углерода в 10,1 кг $C_{ТВ}$ создан за счет повышения навески Аксуского кокса при 40 % SiO₂ в шлаке.

Использование Щубаркульского угля дает большее снижение себестоимости металла при повышении, вызываемых им, энергетических затрат и снижения извлечения целевого элемента при повышенном улете SiO₂.

Улет SiO₂ на печи № 43 АЗФ составил 67,8 кг.

Большое значение в технологии по выходу сплава с 1 т кварцита имеют величины содержания SiO₂ в шлаке и образующегося карбида кремния SiC. Считается нормальным количество SiO₂ в шлаке в пределах 40-60 % массы без SiC, количество которого оценивается в 3 % от массы металла по максимуму, который может выходить из печи, сверх этого SiC накапливается в ванне печи.

По материально-диагностическому балансу плавки [2] эти вещества составили:

- на печи № 43 АЗФ соответственно 50 % SiO₂, 43,8 кг шлака или 5,12 % при 843 кг металла и 20,9 кг SiC или 2,48 % от массы выплавленного металла.

За счет повышенного образования SiC при избытке твердого восстановителя в металл на печи № 43 АЗФ не попало $(20,9 - 7,4) \cdot 28/40 = 9,45$ кг кремния, что повысило бы Si до 49,63 % вместо 49,06 % и массу металла до 852,45 кг или на 1,12 %. Поэтому очень важно следить за режимом углерода в шихте, при знании его потерь на пылевывнос и на разложение воды.

При недостатке $C_{те}$ будет повышаться концентрация SiO₂ в шлаке и SiC в ванне пока неизвестно.

Для совершенствования технологии необходимо с помощью компьютерных программ КРП, наладить повседневный анализ состояния печей и ее шихтового режима.

Результаты расчетов работы печи № 43 АЗФ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов КРП сравнения технологии выплавки ФХС – 48

Количество кокса, кг	Печь № 43
- Соотношение Щубаркульского угля	339,0
- Ленинск-кузнецкий полукокс и Аксукос	228,9
- Твердого восстановителя на плавку	399,7
Тепловая работа печи	
- доля дуги к (P_y) активной мощности электропечной установки [5]	0,081
- радиус схода шихты, м	1,472
- отношение $R_p/R_{акт.сх.ш.}$	1,472
- точечная (теория) температуры на кожухе, $t^{\circ}C$	1834
- улет SiO ₂ , кг	67,8
- извлечение кремния, %	85,6
- образование SiC в ванне, кг	20,9
- полный наплавленный металл в печи, кг	843
- металл отдела технического контроля (ОТК), кг	806,4
- энтальпийный удельный расход электроэнергии (УРЭ), кВт·ч/т [5]	3272
Технико-экономические показатели	
- Мощность печи, МВт	21,14
- Металл полный, физ.тонн/ном.сутки	75,91
- УРЭ, кВт·ч/физ.тонну ФСХ	6901
Работа печи № 4 на шихте АЗФ	
- Металл ОТК, физ.тонн/ном.сутки	84,53
- УРЭ, кВт·ч/физ.тонну ФСХ	5917
Работа печей № 43 и 4 с древесной щепой в количестве 1500 т/год	
- Навеска 1 т, кг	97,9
- Улет SiO ₂ , кг	24,20
- Металл ОТК, физ.тонн/ном.сутки	80,2
- УРЭ, кВт·ч/физ.тонну ФСХ	6248

Применение древесной щепы уменьшает УРЭ на печи № 43 на 9,5 %.

Таким образом, были приняты мероприятия по улучшению работы печи № 43 при постоянных мощности 21 МВт, геометрических параметрах ванны, электродов и электротехнических характеристик энергоподвода:

1. Навеска Щубаркульского угля снижена до 169,7 кг, а навеска Аксукокса повышена до 318,5 кг при постоянном содержании C_{me} в 399,7 кг;
2. Навеска Щубаркульского угля снижена до 3,385 кг, а навеска Аксукокса повышена до 431,8 кг при постоянном содержании C_{me} в 421 кг;
3. Количество C_{me} уменьшена на 5 кг за счет снижения навески Щубаркульского угля с тем, чтобы снизить содержание SiC в ванне до 1,2 кг;
4. Вывели печь на недостаток углерода в 10,1 кг с повышением SiO₂ в шлаке до 60 %;
5. Избыток углерода в 10,1 кг создан за счет повышения навески Аксукокса при 40 % SiO₂ в шлаке.

Из выбранных вариантных пяти режимов наилучшие ТЭП получены при сокращении количества Щубаркульского угля до 3,4 кг при повышении в шихте C_{me} до 412 кг за счет увеличения навески полукокса Аксу.

Литература.

1. Привалов О.Е., Кулинич В.И., Головачев Н.П. Расчетные технико-экономические показатели плавки углеродистого феррохрома АЗФ // Сталь, 2008. – №2. – С.40-43.
2. Головачев Н.П., Кулинич В.И., Суслов А.В. Параметры материально-диагностического баланса и термодинамического моделирования плавки феррохрома // Сталь, 2008. – №2. – С.43-47.
3. Суслов А.В., Кулинич В.И., Щербатых В.М. Распределение энергий и электротехнических параметров печей различной мощности, рассчитанных по программе ПЭТ // Сталь, 2008. – № 2. – С.48-50.
4. Кулинич В.И. Тепловая работа печей различной мощности на выплавке углеродистого феррохрома // Сталь, 2008. – №2. – С.50-53.
5. Кулинич В.И., Святов Б.А., Головачев Н.П. Материально-диагностический баланс и воссоздание модели процессов в ванне печи при выплавке высококремнистых сплавов // В кн.: Сучасні проблеми металургії. Т.2. – Дніпропетровськ : «Системні технології», 2001. – С.199-205.

О КАЧЕСТВЕ СВАРНЫХ ШВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

С.В. Анахов¹, к.ф.-м.н, доц., Ю.А. Пыкин², д.т.н., проф., А.В. Матушкин³

¹Российский государственный профессионально-педагогический университет,

²Уральский государственный лесотехнический университет,

³Уральский федеральный университет

¹620012, г. Екатеринбург, ул. Машиностроителей 11, тел. (343)-338-44-05;

²620038, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37; ³Екатеринбург, 620078, ул. Мира, 19

E-mail: ¹sergej.anahov@rsvpu.ru; ²yappoligon@mail.ru; ³227433@rambler.ru

В настоящее время применение плазмотронов в сварочных технологиях, в основном, связано с разделкой металлов для последующей сварки. При этом для разделки металлов малых (до 10 мм) толщин преимущественно используется лазерная резка, а плазменная резка под сварку сопровождается дополнительными операциями по механическому удалению образующейся при резке зоны термического влияния (ЗТВ), удорожающими процесс [1].

Существенного эффекта снижения ширины реза, улучшения его качества, повышения эффективности, материало- и энергоемкости процесса удалось добиться после появления в последние 10 лет технологии так называемой «точной», «сжатой» или «узкоструйной» плазмы [2]. Подобные технологии, разрабатывавшиеся еще в СССР, впервые были внедрены у зарубежных производителей (Hyperterm, Kjellberg, Messer Greisheim) [3] и сделали плазменную резку конкурентом лазерной резки при разделке тонколистового металла. Следует заметить, что в отличие от традиционных одноконтурных металлорежущих плазмотронов двухконтурные узкоструйные импортные плазмотроны фактически не имеют конкуренции на отечественном рынке. Научно-техническое отставание по показателям энергоэффективности и производительности наблюдается и в сравнении традиционных одноконтурных отечественных плазмотронов с импортными.

В целях преодоления данного научно-технологического отставания авторами было разработано несколько модификаций узкоструйного плазмотрона ПМВР-5 для резки металлов, а также предложена новая улучшенная модель одноконтурного плазмотрона ПМВР-2М, сконструированных с учетом сформулированных авторами принципов и методов проектирования [4]. Модернизация систем газовыхревой стабилизации дуги в разработанных авторами плазмотронах позволила снизить

неравномерность распределения скоростей газового потока в завихрителе и сопловом узле плазмотронов и существенно повысить эффективность тепловложения и улучшить качества реза. Для подтверждения эффективности применения новых плазмотронов был проведен сравнительный микроструктурный анализ сварных соединений, полученных с применением технологий плазменной и механической резки металлов под сварку. В качестве дополнительного критерия проведен анализ твердости по Викерсу в каждой зоне шва.

В качестве объектов сравнительного анализа были выбраны образцы со сварными соединениями, полученные после резки плазмотронами разных марок (рис. 1):

- 1) с одноконтурной схемой подачи газа:
 - ПМВР-М – базовый одноконтурный плазмотрон (производитель ООО НПО «Полигон», разработка 10÷15 - летней давности);
 - Kjellberg PB-S-45W (Германия) – популярная модель плазмотрона одного из ведущих мировых производителей;
 - ПМВР-2М - новая модель одноконтурного плазмотрона для воздушно-плазменной резки с оптимизированной системой газовихревой стабилизации (производители - ООО НПО «Полигон» и ООО «ТЕРУС»);
- 2) с двухконтурной схемой подачи газа:
 - ПМВР-5.3 – одна из модификаций отечественной модели узкоструйного двухконтурного плазмотрона (производители - ООО НПО «Полигон» и ООО «ТЕРУС»), использующего принцип дополнительного обжатия плазменной дуги потоком газа вторичного (стабилизирующего) контура.



Рис. 1. Внешний вид плазмотронов для резки металла под сварку

В качестве материала исследования была выбрана широко применяемая при изготовлении сварных изделий конструкционная низколегированная сталь 09Г2С в виде листовых заготовок листа 10 мм – один из основных материалов в производстве трубного проката. Резка под сварку в процессе эксперимента производилась с разделкой кромок под углом 60°. Технологические режимы резки – в табл. 1.

Таблица 1

Режимы резки образцов для сварки

№ серии	Плазмотрон	Режим резки				
		Ø, мм	I, А	U, В	V, м/мин	P, МПа
1	ПМВР-М	2,5	105	200	0,54	0,45
2	Kjellberg S-45	1,4	90	140	0,85	0,5
3	Механическая резка	-	-	-	-	-
4	ПМВР-2М	2	80	180	0,5	0,5
5	ПМВР-5.3	1,6	90	140	1,3	0,5

- Ø – диаметр сопла, V – скорость резки, P – давление плазмообразующего газа (ПОГ) на входе в плазмотрон.

После резки и подготовки шва без удаления ЗТВ поверхностей реза производилась его механизированная сварка с использованием сварочной омедненной проволоки ОК-Autrod 12.51 (аналог 1,2 Св-08Г2С-О) в защитном газе К18 (18% CO₂, 82% Ar). Сварку контрольных пластин выполняли согласно требованиям представленным в РД 153-006-02 и STO_Gasprom 2-2.2-136-2007 (Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов). Режимы сварки – 17В, 120А (1-й проход, корень шва), 19В, 150А (2-й проход, заполняющий), 19В, 150А (3-й проход, лицевой).

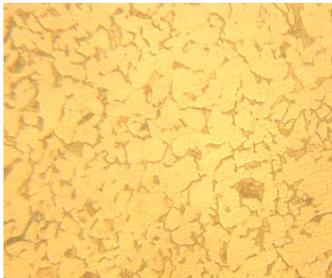
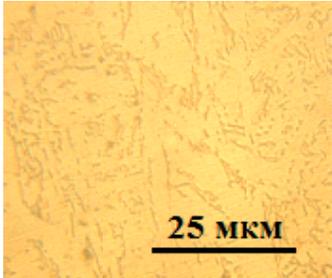
Микроструктурный анализ сварных швов (см. рисунки таблицы 2) заключался в изучении поверхности протравленных микрошлифов с помощью микроскопа НЕОРНОТ 21 при увеличениях от 50 до 800 крат. Травление производилось 4%-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Идентификация микроструктуры стали проводилась по ГОСТ 8233-56, определение размера зерна – по ГОСТ 5639-82.

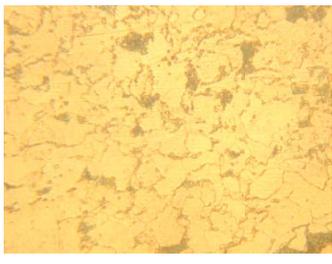
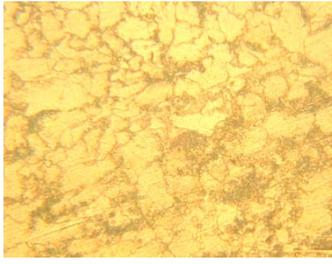
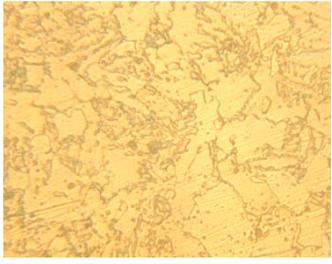
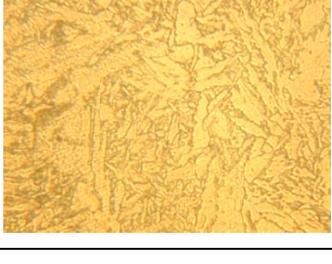
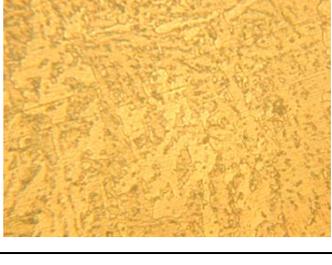
Анализ основы разрезаемого металла - стали 09Г2С - выявил типичную для этой марки феррито-перлитную структуру со скрытопластинчатым перлитом (межпластинчатое расстояние 0,3 мкм). Размер зерен составил 11 мкм, соотношение перлит/феррит (далее по тексту п/ф) = 35/65. Исследования сварных соединений показали, что они состоят из зоны собственно сварных швов (далее по тексту СШ) и прилегающих к ним зон термического влияния (ЗТВ), нагретых, но не расплавившихся во время сварки. Для СШ характерна свойственная для всех видов термической сварки [5, 6] структура с равноосными зёрнами в центре размерами от 20 до 35 мкм и вытянутыми вдоль направления теплоотвода на периферии. Высокие скорости охлаждения в материале шва обуславливают незавершенность фазовых превращений, из-за чего доля перлита в материале СШ оказалось довольно малой для всех исследованных сварных соединений (см. рисунки в табл. 2). В донной части размеры зерен минимальны, а в верхней – максимальны.

В материале ЗТВ на всех исследованных образцах наблюдаются отличия от основного металла. Непосредственно к СШ примыкают зоны крупнокристаллической структуры толщиной до 0,2 мм со структурой сорбитообразного перлита (п/ф - 85/15) для образцов № 1 и 2 и точечного перлита для образцов № 3, 4 и 5. Максимальные размеры зерна зафиксированы в пределах 60 мкм наряду с полным отсутствием видманштеттовой структуры, что позволяет ожидать достаточно высоких значений прочности полученных сварных соединений. По мере удаления от границы между СШ и ЗТВ зерно измельчается, становится даже меньше, чем в стали-основе. В образцах № 1 и 2 материал ЗТВ имеет феррито-перлитную структуру с соотношением п/ф = 75/15 и скрытопластинчатым перлитом с межпластинчатым расстоянием 0,3 мкм, размер зерна составляет 2,7 мкм. В образцах № 3, 4 и 5 феррито-перлитная структура (п/ф = 85/15) с зернистым перлитом, диаметр зерен перлита менее 0,25 мкм. Это свидетельствует о том, что в стали произошла нормализация. Увеличение доли перлита в структуре ЗТВ по сравнению с основой связано с перекристаллизацией и высокими скоростями охлаждения после сварки за счет теплоотвода через материал соединяемых пластин.

Таблица 2

Микроструктура материала сварных соединений стали 09Г2С

№ образца	Микроструктура материала зон сварных соединений		
	Основа	ЗТВ	СШ
1			

№ образца	Микроструктура материала зон сварных соединений		
	Основа	ЗТВ	СШ
			
3			
4			
5			

С точки зрения прочностных свойств материала соединения предпочтительно получение зернистого перлита со средним диаметром зерен цементита не более 1,2 мкм, что соответствует 5 баллу шкалы 2 ГОСТ 8233-56. Зернистый перлит минимального диаметра зерен цементита был зафиксирован в материале СШ и ЗТВ образцов № 3, 4 и 5. Для материала СШ и ЗТВ образцов № 1 и 2 характерен пластинчатый перлит с минимальными значениями межпластинчатого расстояния (соответствуют 1 и 2 баллам по шкале 1 ГОСТ 8233-56), что, как известно [5,7], также гарантирует сочетание высоких прочностных свойств с высокими показателями ударной вязкости.

Измерение твердости проводили по Викерсу с нагрузкой на индентор 98 Н в соответствии с ГОСТ 2999-75 и ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007. В каждой зоне сварного соединения выполняли не менее трех отпечатков (для сварного шва, зон термического влияния и основного металла – с двух сторон от оси шва). Анализ результатов измерений твердости в различных зонах сварных соединений свидетельствует о соответствии всех исследованных образцов требованиям СТО Газпром 2-2.4-083 ($HV_{10} \leq 255$ для металла шва и $HV_{10} \leq 300$ для ЗТВ). При этом наиболее качественные (по показателям отличия от средних значений и твердости основного металла) швы достигнуты при сварке образцов, полученных резкой новыми плазмотронами ПМВР-2М и ПМВР-5.3. Значения твердости по высоте сварных швов, полученных по режимам № 4 и 5, практически одинаковы, что позволяет ожидать

равную прочность материала этих соединений по всей ширине пластины. Качество данных швов по показателям твердости не уступает показателям, достигаемым после механической резки, и характеризуется отсутствием микродефектов в виде пор, наблюдаемых на границе шва и ЗТВ у образца № 3.

Характер распределения значений твердости по ширине исследованных сварных соединений показывает, что максимальной твердостью, приблизительно равной твердости стали-основы, обладает материал СШ образца, полученного по режиму № 4, а минимальные различия по значению этой характеристики соответствуют образцу № 5.

Анализ полученных данных свидетельствует, что все исследованные сварные швы по структуре удовлетворяют нормативным требованиям, предъявляемым к стали марки 09Г2С (ширина облицовочного слоя шва – 11-14 мм при норме 14-24 мм, а внутреннего слоя шва – 9-13 мм при норме 14±2 мм). Так как качество исследованных швов полученных, как после плазменной, так и после механической разделки, сопоставимо, применение плазменных методов разделки проката при производстве сварных конструкций возможно без механического удаления ЗТВ. Микроструктурный анализ позволяет также ожидать достаточно высокие прочностные свойства, особенно ударной вязкости и трещиностойкости, достигаемые на швах, полученных при механической резке и разделке новыми (ПМВР-2М и ПМВР-5.3) плазмотронами.

Исследования по показателям твердости сварных соединений также свидетельствуют о преимуществах, достигаемых при сварке образцов, полученных резкой новыми плазмотронами ПМВР-2М и ПМВР-5.3. Данные преимущества, по всей видимости, достигаются за счет снижения энергоемкости процессов резки и улучшенной стабилизации дуги по сравнению с базовым одноконтурным плазмотроном, а также более высокой скорости резки (особенно узкоструйным плазмотроном ПМВР-5.3). Можно также отметить, что сварные соединения, полученные после резки новыми отечественными плазмотронами, имеют преимущества по отдельным показателям качества перед сварными швами, полученными плазмотроном Kjellberg PB-S-45W, что позволяет сделать вывод об эффективности использованных при их разработке новых конструктивных решений.

Литература.

1. Пыкин Ю.А., Анахов С.В., Пышминцев И.Ю., Овчинников Д.В., Елькин В.А. Об эффективности применения плазменных технологий в разделке трубного проката. Производство проката, 2014, №1, с.38-45.
2. Кайдалов А.А. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. – К.: Экотехнология, 2007, 456 с.
3. V. Krink, H. Simler, F. Laurisch. Plasmaschneidtechnologie – Erweiterung wirtschaftlicher Anwendungsgebiete//ICCT 2006: Internationale Schneidtechnische Tagung; Vorträge der gleichnamigen Konferenz; [Hannover, 10. und 11. Oktober 2006] 176 S. – S.18-25.
4. Анахов С.В. Принципы и методы проектирования в электроплазменных и сварочных технологиях: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2014, 144 с.
5. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана. - М.: Наука, 1965, 336 с.
6. Лямбер Н., Герди Т., Хабаркен Л. Металлография железа: справочное изд.– М.: Металлургия, 1985, 248 с.
7. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1978, 648 с.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ДОМОВ

А.А. Будников, магистрант, Е.В. Павлов, к.т.н., доцент

Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

E-mail: artem.kent@yandex.ru

В наше время при строительстве жилых домов, на любом строительном объекте, в качестве строительного материала используют металл или же готовые металлоконструкции, которые важно надежно соединить.

Металлические заготовки, будь то продукция сортового, листового или трубного проката, можно использовать по отдельности или в виде конструкций. Для их соединения чаще всего используют сварку. Такой тип соединения обладает рядом преимуществ по сравнению с крепежом болтами, заклепками и иными приспособлениями.

Существует множество видов и способов сварки металлических конструкций, но в условиях строительной площадки, свойств металла и среды дальнейшего использования конструкции, подходят далеко не все виды. Более универсальным в строительстве, является ручная дуговая сварка, которая в свою очередь производится двумя способами:

- сварка неплавящимися электродами;
- сварка плавящимися электродами.

Первый способ используется редко, т.к. он уместен в сварке алюминия и его сплавов, что на стройке используется редко из-за непрактичности данных материалов и их стоимости [1].

Сварка плавящимися электродами самый распространенный способ, он более практичен и удобен в использовании. На строительных площадках при сварке обычно используется несколько видов сварочных аппаратов:

- сварочный трансформатор. Из плюсов стоит отметить: простоту конструкции, надежность и недорогой ценовой диапазон, из минусов невысокий КПД, большой вес и габариты, невысокое качество шва. Таким аппаратом можно пользоваться лишь для прихваток конструкций на сварочном посту.

- сварочный выпрямитель - аппарат, преобразовывающий переменный сетевой ток в постоянный ток для сварки. Плюсы: качественная сварка даже при минимальном навыке. Минусы: не устойчив к перегреву, высокая цена, большая потеря мощности за счет преобразования переменного тока в постоянный. Используется обычно для жестких несущих конструкций.

- сварочный инвертор - электронное сварочное устройство с автоматическим управлением. Плюсы: удобен в использовании из-за своих маленьких габаритов, высокий КПД. К минусам можно отнести только лишь ценовой сегмент, который является средним между сварочными трансформатором и выпрямителем.

Сегодня и представить себе невозможно строительство домов без применения сварочных технологий, например: сварочные узлы лестничных маршей, закладные детали оконных и дверных блоков, установка металлических секций балконных ограждений, сборка каркаса монолитных изделий и т.д. Выполнение таких работ выполняются сварщиками с квалификацией, не ниже четвертого разряда. Но несмотря на высокую квалификацию сварщика, контроль качества сварочных конструкций играет огромную роль при строительстве жилых сооружений.

Контроль качества сварных изделий на стадии строительства, это одна из основных составляющих успеха строительства качественных и безопасных сооружений, особенно когда дело касается жилых домов.

Контроль качества осуществляют на всех стадиях процесса в виде:

- входного контроля;
- операционного контроля;
- выходного контроля готовых сварных соединений.

На стадии предварительного контроля проверяют:

- квалификацию рабочего персонала;
- сварочное оборудование;
- сварочные материалы;
- контрольно-измерительный инструмент и т.д.

На стадии операционного контроля проверяется подготовка деталей под сварку, отсутствие коррозии, в соприкосновении электрода и металла, контролируют сварочные режимы и правильность наложения швов. При этом следят также за состоянием оборудования, за напряжением в сети, качеством проводки, за качеством присадочных материалов и исправностью контрольно-измерительных приборов [2].

Методы контроля качества сварных швов принято разделять на две основные группы:

- 1) разрушающий контроль,
- 2) неразрушающий контроль.

Сварные соединения подвергают проверке для определения возможных отклонений от технических условий, предъявляемых данному виду изделий. Изделие считается качественным, если отклонения не превышают допустимые нормы. В зависимости от вида сварных соединений и условий дальнейшей эксплуатации, изделия после сварки подвергают соответствующему контролю [3].

При строительстве жилых домов зачастую используются методы неразрушающего контроля сварных соединений, а именно: внешний осмотр, испытаниям поливом, химический метод с использованием керосина и метод магнитного контроля.

В выполненном сварном шве внешним осмотром следует контролировать:

- наличие или отсутствие трещин;
- качество зачистки сварного шва;
- наличие или отсутствие раковин и шлака.

Внешний осмотр является системообразующим видом контроля, по результатам которого сварная конструкция идет на дальнейшую проверку или на устранение погрешностей сварного шва. Устранение сварного шва проходит в два этапа: первым этапом демонтируют сварочный шов, и зачищают детали, угловой шлифовальной машинкой, второй этап непосредственно сварка зачищенных деталей. После удачно пройденного внешнего осмотра, в зависимости от сложности конструкции и среды дальнейшего использования, сварное изделие подвергают дальнейшей проверке, если внешне-го осмотра недостаточно.

После внешнего осмотра измеряют длину и ширину сварочного шва, это используют зачастую в системах связанных с гидроснабжением и пожароохранными системами. Для этого используется набор шаблонов, например ШС-2, который состоит из стальных пластин, расположенных на осях между двумя рукоятками.

На каждой из осей расположено по 11 одинаковых металлических пластины, которые фиксируются металлическими пружинами. Две пластины предназначены для проверки узлов разделки кромок, остальные — для проверки ширины и высоты шва. При помощи набора ШС-2 можно проверить, ширину и толщину шва, а также углы разделки кромок.

Для контроля прочности сварного шва проводят испытания поливом. Этот метод уместен для громоздких изделий, и изделий которые в дальнейшем будут использоваться в тяжелых погодных условиях, у которых есть доступ к швам с двух сторон. Одну сторону изделия поливают водой из шланга под давлением и проверяют герметичность швов с другой стороны.

Изделия не прошедшие проверку поливом, отправляют в утилизацию, т.к. исправить шов такой сложности практически невозможно и затратно, приходится делать новую заготовку.

Герметичность швов можно проверить керосином, но это пожароопасно, да и в условиях строительства в закрытых помещениях токсично и опасно для здоровья. Более надежным и безопасным способом контроля прочности шва является магнитный контроль. При этом методе контроля дефекты швов обнаруживают при помощи металлической стружки, которую хаотично рассыпают по готовому изделию, а с другой стороны шва подключают электромагнитный сердечник или же обычный магнит, если толщина стенки изделия не превышает 3 мм. Затем легкими постукиваниями по детали или удалением избыточного количества стружки потоком воздуха, оставшаяся стружка оседает в раковинках шва тем самым обрисовывает контур дефекта. После проведенной проверки, отсоединяют магнит, убирают остатки стружки и при необходимости дополнительно проваривают шов [4].

Процедура контроля считается выполненной после прохождения всех этапов контроля металлической конструкции и составлен акт приемки готового изделия. При этом необходимо уделять тщательное внимание всем аспектам контроля к обеспечению необходимых требований сварных соединений и применению для этих целей большого многообразия методов, таких как: внешний осмотр, испытаниям поливом, химический метод с использованием керосина, метод магнитного контроля и так далее. При реализации всех этапов контроля в производственном процессе строительства можно достичь требуемых показателей качества возводимых строительных конструкций жилых сооружений.

Литература.

1. Чернышов, Г.Г. Сварочное дело. Сварка и резка металлов – Москва: Академия, 2012 - 496 с.
2. ГОСТ 3242-79. Соединения сварные. Методы контроля качества – Москва: Издательство стандартов, 2008.
3. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные – Москва: Издательство Стандартиформ, 2010.
4. ГОСТ 7512—82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные – Москва: Издательство стандартов, 2008.
5. ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций – Москва: Издательство стандартов, 2014.
6. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ ТОКА ПРИ АРГОДУГОВОЙ СВАРКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

А.С. Гордынец, к.т.н, асс., С.И. Скрипко, студ.

Томский политехнический университет

634028, г. Томск, ул. Тимакова, д.12, корп. 16А, ауд.307, тел. +7 (3822) 41-95-41

E-mail: asgord@tpu.ru

Для соединения деталей малых толщин и размеров широко применяются микроплазменная, электроннолучевая, лазерная и дуговая сварка неплавящимся электродом [1, 2, 3]. Однако, к недостаткам перечисленных способов относятся высокие затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования.

В настоящее время для сварки деталей малой толщины наметилась тенденция применения дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов одиночными кратковременными (1...200 мс) униполярными импульсами тока [4, 5, 6]. При этом обеспечивается высокая скорость нарастания тока до амплитудного значения (10...400 А) и последующий его спад по экспоненциальному закону. Внешний вид серийно выпускаемого оборудования представлен на рис. 1, а его основные технические характеристики - в табл. 1.

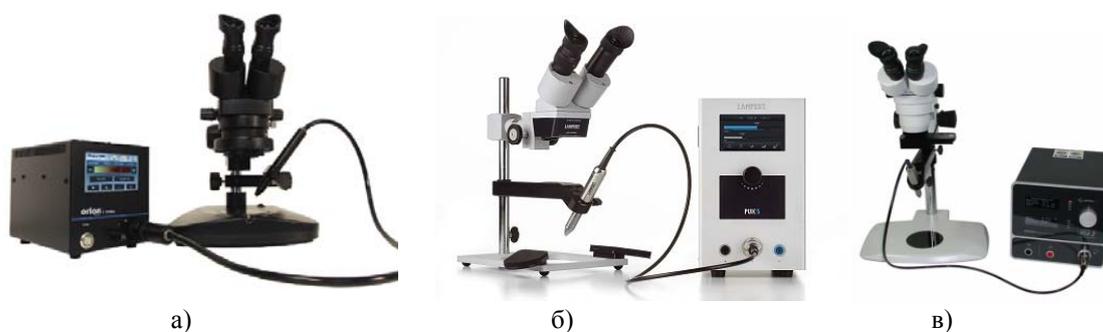


Рис. 1 – Установки для дуговой сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов униполярными импульсами тока: а) Orion 100с (Sunstone engineering, США) [7]; б) PUK-5 (Lampert, Германия) [8]; в) Phaser mx2-1351 (primotec, США) [9].

Таблица 1

Технические характеристики.

Сварочная установка	Основные технические характеристики
Orion 100с	Энергия – 5...100 Дж, масса – 3,4 кг, габаритные размеры – 235×146×165 мм
PUK-5	Сила сварочного тока – 9...400 А, длительность импульса сварочного тока – 0,5...34 мс, масса – 7,8 кг
Phaser mx2-1351	Напряжение холостого хода – 43 В, длительность импульса сварочного тока – 3...30 мс, масса – 9,2 кг

Особенностями такого оборудования являются: малые габариты, низкий вес, простота настройки параметров режима сварки, при этом зажигание дуги осуществляется контактным способом, что потенциально может служить причиной загрязнения сварного шва вольфрамовыми включениями [10]. Кроме того, широкому применению подобного оборудования препятствует отсутствие рекомендаций по выбору технологических параметров, что предполагает проведение дополнительных экспериментальных исследований.

Для этих целей разработана специализированная установка позволяющая осуществлять бесконтактное зажигание дуги (рис. 2). В её состав входят: зарядное устройство – 1, накопительный конденсатор – С, токоограничивающий резистор сопротивлением 0,3 Ом – R, устройство бесконтактного зажигания дуги – 2, кнопка инициации зажигания дуги – SB, неплавящийся электрод – 3, изделие – 4, горелка для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов – 5, датчик тока на эффекте холла – ДТ, цифровой осциллограф (АКИП-4122/1) – 6.

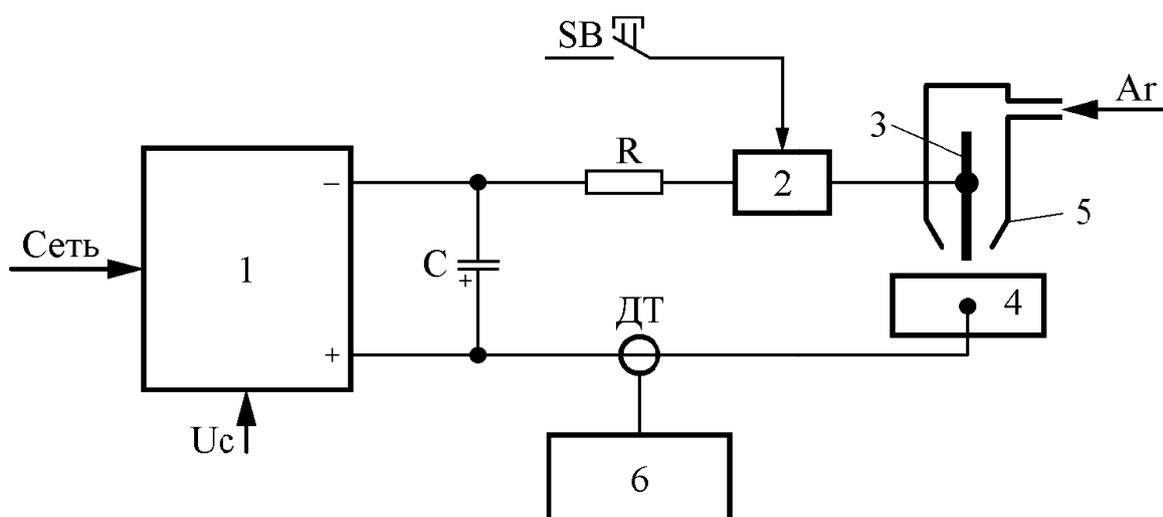


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки

Принцип работы установки заключается в предварительном заряде накопительного конденсатора (С) до заданного напряжения от устройства (1). При нажатии на кнопку SB размыкается цепь заряда, и формируется высоковольтный импульс обеспечивающий электрической пробой промежутка между электродом (3) и изделием (4), что способствует формированию дуги за счет разряда конденсатора (С) через токоограничивающий резистор (R).

Исследования влияния напряжения заряда ($U_C = 30 \dots 100$ В) накопительного конденсатора и его ёмкости ($C = 20, 40, 60$ мФ) на амплитуду (I_a) и длительность (t) импульса тока (рис. 3) производили при следующих условиях: в качестве защитного газа применяли аргон, расход которого составлял 2,5 л/мин, расстояние между электродом и изделием задавали равным 1 мм, неплавящийся электрод из вольфрамового прутка (ЭВТ-2) диаметром 0,5 мм имел плоскую рабочую поверхность, в качестве изделия использовалась пластина толщиной 1 мм из стали марки Ст3.

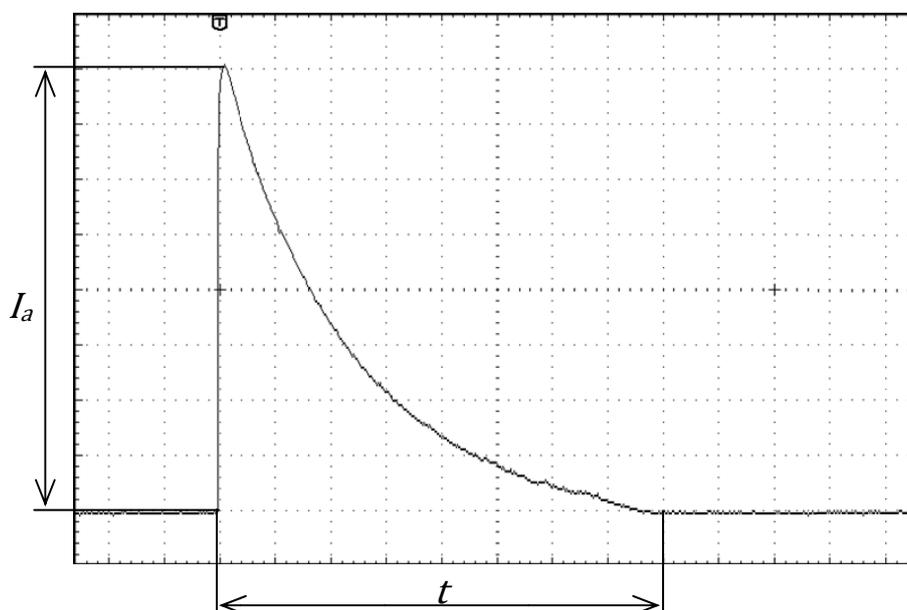


Рис. 3. Характерная осциллограмма импульса тока ($\mu_i=20$ А/дел., $\mu_t=10$ мс/дел.)

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков на рис. 4, из которых следует что амплитуда (I_a) импульса тока практически линейно зависит от напряжения заряда (U_C), а его длительность (t) находится в прямой зависимости от ёмкости накопительного конденсатора. Однако длительность импульса также изменяется пропорционально напряжению заряда.

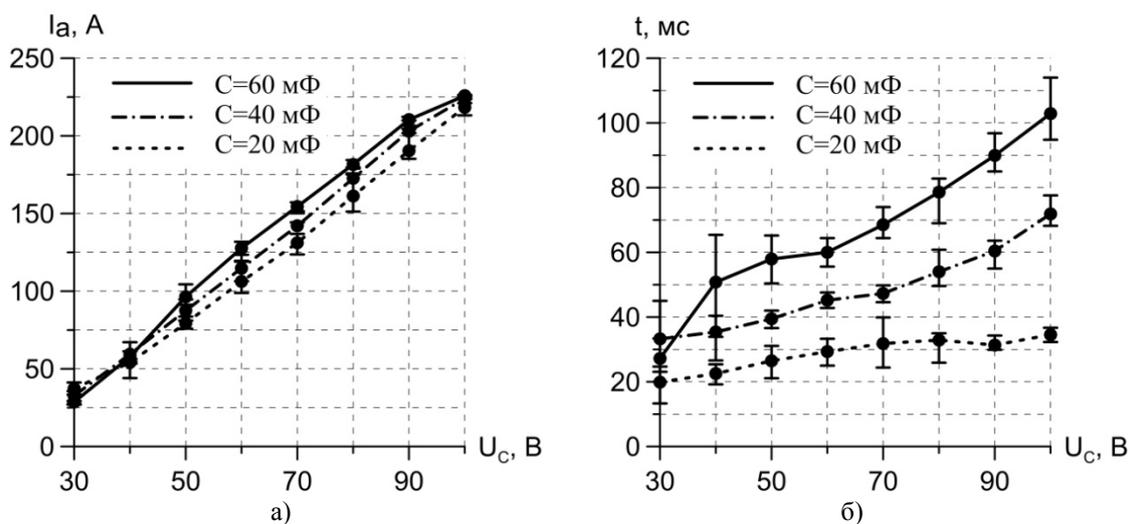


Рис. 4. Влияние напряжения заряда накопительного конденсатора и его ёмкости на: амплитуду импульса тока (а); длительность импульса тока (б)

Экспериментальное исследование зависимости диаметра (e) и глубины (h) точки расплавления от длительности импульса тока (20, 40, 60, 80 мс) производили при его фиксированной амплитуде равной 150 А. Аналогичное влияние амплитуды импульса (50, 100, 150, 200 А) изучали при его длительности 40 мс.

Из анализа фотографий точек расплавления изделия (рис. 5) следует, что зона плавления металла имеет форму окружности, в центре которой формируется возвышенность. Диаметр (e) и глубину (h) точки расплавления оценивали по поперечным микрошлифам, как показано на рис. 6. Влияние амплитуды и длительности импульса тока на диаметр и глубину проплавления точек представлены в виде графиков на рис. 7.

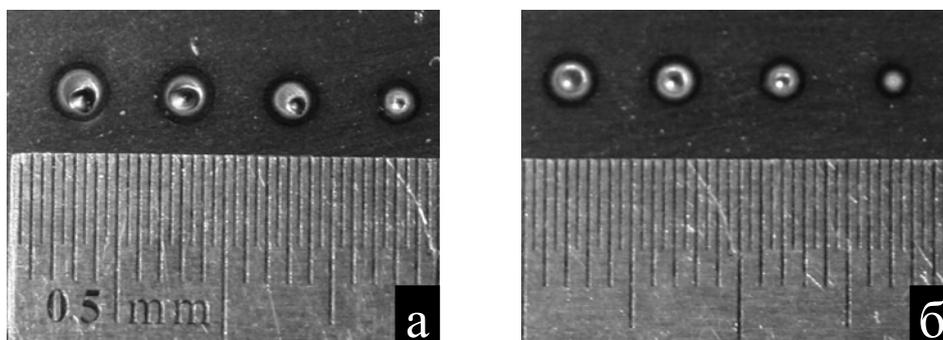


Рис. 5. Фотографии точек расплавления экспериментального образца: при различной длительности импульса тока (а), при различной амплитуде импульса тока (б)

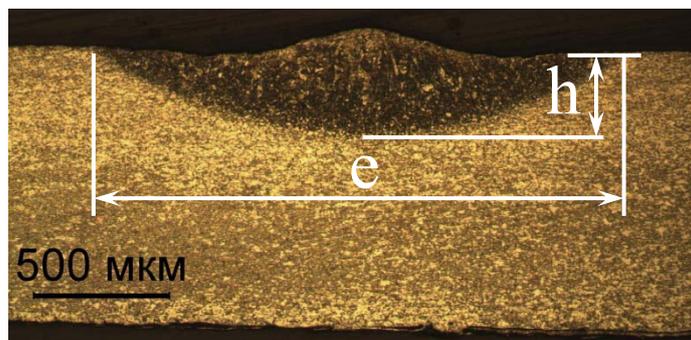


Рис. 6. Поперечный микрошлиф точки расплавления. ($I_a=200$ А; $t=40$ мс)

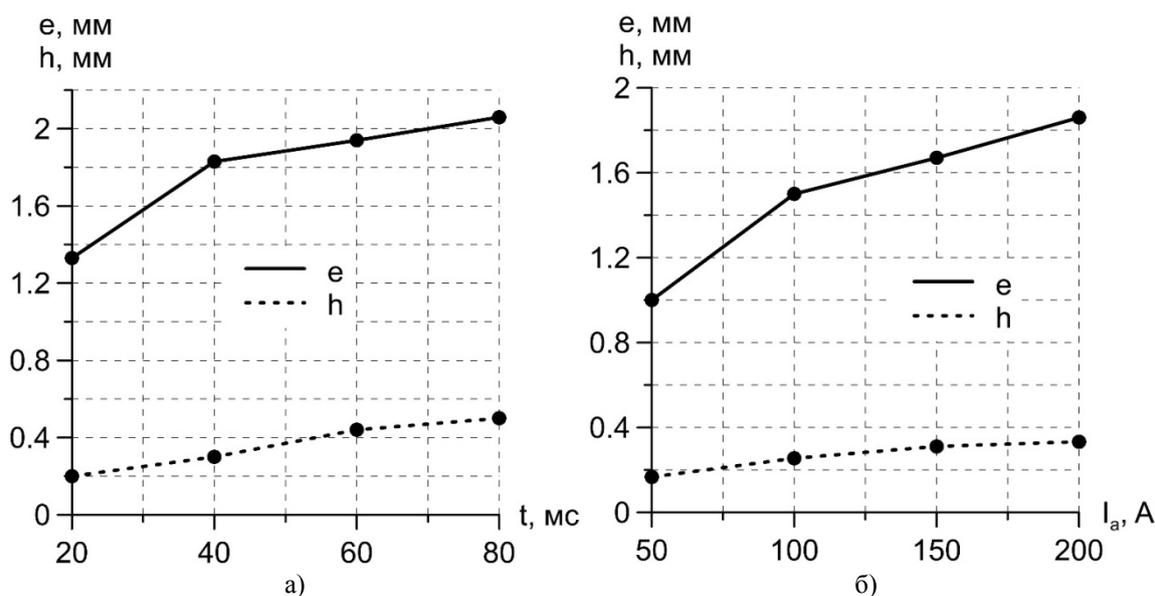


Рис. 7. Влияние параметров импульса тока на глубину проплавления и диаметр точки: влияние длительности импульса тока ($I_a = 150$ А) (а); влияние амплитуды импульса тока ($t = 40$ мс) (б).

Анализ результатов эксперимента показал, что диаметр точки расплавления возрастает с повышением амплитуды импульса тока, при этом его длительность оказывает аналогичное влияние но в меньшей степени. Глубина проплавления растёт с увеличением длительности импульса, в то время как амплитуда импульса тока показывает схожее, но более слабое воздействие.

Литература.

1. Киселев А.С. Управление технологическими свойствами дуги переменного прямоугольного тока при сварке алюминиевых сплавов малых толщин неплавящимся электродом: автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. - Томск, 1998. - 22 с
2. Смирнов В.В. Оборудование для дуговой сварки: справочное пособие. Л.: Энергоатомиздат, 1986 - 656 с.
3. Б.Е. Патон, В.С. Гвоздецкий, Д.А. Дудко и др. Микроплазменная сварка. Киев: Наук. думка, 1979. - 248 с.
4. Orion с Series | Orion welders - [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.orionwelders.com> - свободный - загл. с экрана
5. PUK 5 precision welding technology by Lampert [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.lampert.info> - свободный - загл. с экрана
6. Phaser | primotec - Lampert [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.primotecusa.com> - свободный - загл. с экрана
7. Orion 100c - Jewelry [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.orionwelders.com> - свободный - загл. документа
8. Operating manual PUK 5 [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.lampert.info> - свободный - загл. документа
9. Phaser pulsed micro arc welding units [электронный ресурс] - режим доступа - <http://www.primotecusa.com> - свободный - загл. документа
10. А.с. 578173, МКИ В23К 9/16. Способ возбуждения электрической дуги при сварке / М.С. Гриценко, М.П. Андреев. № 1963082/25-27; Заявл. 01.10.73; Опубл. 30.10.77, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. - 1977. №40.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ

Д.С. Карцев, студент гр.17ВМ51,

научный руководитель: Зернин Е.А., к.т.н, доц.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: dmitkarcev@mail.ru

На сегодняшний день перспективным видом механизированной сварки, позволяющим значительно повысить производительность труда по сравнению не только с ручной дуговой сваркой, но и с механизированной сваркой в среде защитных газов, является сварка порошковой проволокой.

Отличительной ее чертой по сравнению с другими способами механизированной сварки является то, что она сочетает в себе достоинства и преимущества и ручной дуговой сварки — простоту и мобильность, и механизированной сварки в углекислом газе — высокую производительность и высокое качество получаемых сварных соединений [1],[2].

Новым шагом в технологии сварки явилось использование порошковых проволок в строительстве и машиностроительном производстве. Применение порошковой проволоки позволило решить проблемы механизации сварочных и наплавочных работ на монтаже в открытых цехах и в полевых условиях, повысить производительность процессов от двух до пяти раз при высоком качестве сварных швов, а также снизить количество трудоемких ручных операций по очистке конструкций от брызг [3].

Целью работы является изучение области применения порошковых проволок и рассмотрение влияния порошковых проволок с добавлением наноразмерных частиц тугоплавких соединений на результат сварки или наплавки.

Порошковые проволоки являются сварочным материалом с высоким показателем производительности. В сравнении с проволокой сплошного сечения, преимущество порошковой проволоки состоит в том, что при равных сварочных токах, порошковая проволока имеет более высокую скорость подачи (примерно на 20 - 40%), чем проволоки сплошного сечения. По своей конструкции порошковые проволоки бывают вальцованные и бесшовные.

Преимущества порошковых проволок заключается в:

- хорошем формировании сварного шва (на ряде марок – с формированием обратного валика);
- отсутствии разбрызгивания на правильно подобранных режимах сварки;
- использовании в наполнителе микролегирующих компонентов, придающих специальные свойства металлу шва;
- повышении производительности не менее чем в 1.2 раза при сварке нижнем пространственном положении и не менее, чем в 3 раза в вертикальном и потолочном пространственных положениях [4].

Порошковые проволоки по способу защиты сварочной ванны от воздействия атмосферы делятся на два типа - это порошковая газозащитная проволока и порошковая самозащитная проволока.

Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов занимает лидирующие позиции среди дуговых сварочных процессов. В ряде отраслей, таких как судостроение или нефтегазовая отрасль, до 80% сварочных работ, выполняются механизированной сваркой с использованием порошковой проволоки.

Несмотря на относительно высокую стоимость, порошковые проволоки все больше востребованы на мировом рынке сварочных материалов. В виду широкой области применения технологий сварки и наплавки порошковыми проволоками и в экономически развитых странах их потребление в промышленном производстве и строительстве ежегодно увеличивается, несмотря на кратковременные спады в периоды кризисных явлений в мировой экономике [4].

Порошковые проволоки имеют ряд особенностей, обуславливающих повышение спроса на них:

1. Повышенная производительность:
— более высокая скорость сварки и наплавки;
2. Удобство пользования:
— широкие пределы допусков сварочных параметров;
— возможность достижения струйного переноса электродного расплавленного металла;
3. Уменьшение ошибок при выполнении сварочных работ:
— защитный газ и шлак обеспечивают двойную защиту сварочной ванны;
— минимальный риск образования пористости шва, даже при монтажных сварочных работах;
— гарантированный провар, сниженный риск недостаточной глубины проплавления;

4. Снижение общих расходов на производство:

— снижение времени сварки и простоев;

5. Область применения

— возможность использования для подводной сварки [5].

Формы провара при сварке плавящимся электродом в смеси газов сплошной и порошковой проволоками различаются друг от друга.

Также использование порошковых проволок приводит к более плавному переходу между валиками при многослойной сварке или наплавке. При правильном использовании сварочной технологии практически не имеется таких дефектов, как несплошности перекрытия между валиками, поры или шлаковые включения [4].

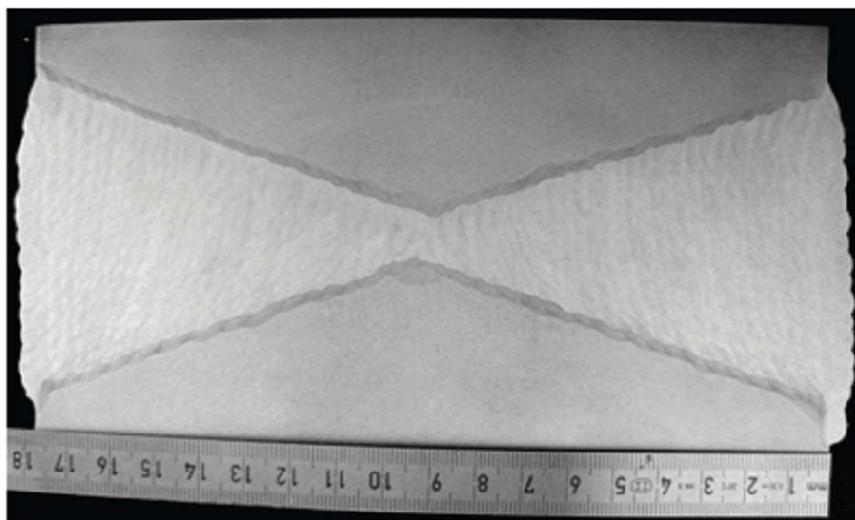


Рис. 1. Макрошлиф образца сварного соединения, выполненного порошковой проволокой

Рутитовые порошковые проволоки нашли самое широкое распространение. Это связано с их следующими свойствами, главным из которых является высокая технологичность:

- возможностью сварки в тяжёлых условиях без высокого требования к навыкам сварщика;
- замечательным формированием сварного шва во всех пространственных положениях, благодаря быстро застывающему рутитовому шлаку;
- высоким коэффициентом наплавки во всех пространственных положениях, особенно в вертикальном, при направлении сварки снизу вверх (при токе дуги до 280 А);
- оптимальным микролегированием, улучшающим вязкость сварного шва и его механические свойства при минимальном содержании легирующих элементов;
- возможностью сварки в CO_2 с очень небольшим количеством брызг;
- практическим отсутствием разбрызгивания при сварке в смеси газа ($82\% \text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$);
- возможностью сварки корневого слоя шва на керамической подкладке.
- возможностью автоматической орбитальной сварки во всех пространственных положениях.
- лёгкой отделимостью шлаковой корки [4].

Учитывая высокий коэффициент наплавки в вертикальном положении в направлении снизу вверх, разработаны новые рутитовые порошковые проволоки для сварки различных, в том числе толстенных, конструкций. [4]

Сварка порошковой проволокой использовалась при строительстве стадиона футбольного клуба Шахтер в Донецке на Украине. При его изготовлении применяли данные способы сварки: полуавтоматическую сварку порошковой проволокой в среде защитного газа; сварку под слоем флюса порошковой проволокой; ручную дуговую сварку и контактную сварку шпилек.

С использованием порошковой проволоки были изготовлены и смонтированы такие сооружения, как мост через бухту Золотой Рог в городе Владивостоке, мост на острове Русский, все мостовые металлоконструкции в городе Сочи на Олимпийских объектах. Суммарный объем использования порошковой проволоки в строительстве мостов России составляет более 200 т/год [4].

Использование при наплавке порошковой проволоки с шихтой, содержащей определенные компоненты, позволяет модифицировать наплавляемый металл компонентами, содержащимися в шихте проволоки и позволяет получить слой наплавленного металла с равномерным распределением избыточных фаз и мелкозернистой структурой, что обеспечивает повышение износостойкости. При легировании металла в процессе наплавки с применением компонентов шихты, входящих в состав порошковой проволоки образуется перенасыщенный элементами легирования твердый раствор Al, благодаря чему эксплуатационные свойства наплавленного слоя выше, чем у основного металла [15].

На данный момент в современном машиностроении актуальным является вопрос об исследовании влияния нанодисперсных карбидов на механические свойства наплавленного металла. Нанодисперсные тугоплавкие соединения предполагается вводить в наполнитель порошковых проволок, которые применяются при наплавке деталей подверженных абразивному износу, при сварке и наплавке теплоустойчивых сплавов и обеспечивают получение наплавленного металла с необходимыми свойствами. Испытания на термостойкость наплавленного металла свидетельствуют о том, что использование в наполнителе порошковых проволок нанодисперсных тугоплавких соединений повышает термическую стойкость наплавленного металла — увеличивается количество циклов нагрев-охлаждение до появления и развития сетки трещин разгара [10],[11]. Испытание на сопротивление абразивному износу показывают, что образцы, полученные с применением порошковой проволоки с определенным составом шихты, более износостойки, по сравнению с образцами, изготовленными стандартной порошковой проволокой [11].

Создание новых сварочных материалов с высокопрочной структурой, обеспечивающей их работу в экстремальных условиях при силовых и термических воздействиях, является актуальной задачей машиностроения в наше время. Известно, что модифицирование наплавленного металла и литых сплавов наночастицами тугоплавких химических соединений способствует повышению их эксплуатационных и технологических свойств. Поэтому все большее развитие получает технология сварки и наплавки с внедрением в сварочную ванну наночастиц тугоплавких соединений [7].

Известно, что добавление наноструктурированных частиц тугоплавких соединений в точном количестве, ведет к образованию мелкозернистой структуры сварного шва или наплавленного слоя, вследствие чего повышаются такие свойства как твердость и износостойкость [6].

Введение наноразмерных частиц тугоплавких соединений при механизированной или автоматической сварке или наплавке можно осуществлять несколькими путями:

- введение наночастиц через защитный газ;
- введение наночастиц в состав порошковой проволоки;
- нанесение наночастиц на поверхность проволоки.

В исследованиях влияния наноразмерных частиц тугоплавких соединений ученые достигли определенных результатов.

Так, например, в работе Г.Н. Соколова в качестве наноразмерных компонентов, вводимых в состав наполнителей порошковых и композиционных проволок при наплавке, были применены порошки карбонитрида титана TiCN с размером частиц от 80 до 500 нм. Для транспортировки наночастиц в сварочную ванну служили микрочастицы порошка никеля (99,9%) размером до 60 мкм, входящие в состав шихты порошковой проволоки. Внедрение наночастиц TiCN в частицы Ni осуществляли при их совместной обработке в планетарной мельнице, после которой были получены композиционные никелевые гранулы. Доля наночастиц в композиционных никелевых гранул составляла 30 масс.% для TiCN. С применением полученных порошков были изготовлены порошковые и композиционные проволоки диаметром 3 мм с оболочкой из стали 08кп и с содержанием тугоплавких наночастиц равным 0,1 - 0,6 масс.%. Изготовленными проволоками методами электрошлаковой наплавки с использованием фторидного флюса АНФ-6 и аргонодуговой наплавки был получен слой наплавленного металла на основе железа: термостойкий азотосодержащий сплав 15X15H4AM3 [7];

Электронно-микроскопические исследования показали, что в аустенитно-мартенситной структуре сплава 15X15H4AM3, полученного аргонодуговой наплавкой с применением порошковой проволоки с добавлением тугоплавких наночастиц TiCN, значительно возрастает количество и повышается однородность распределения интерметаллидов сферической формы размером от 0,5 до 1,5 мкм. При этом размер зерна в металле уменьшается в 2.5 раза по отношению к его исходной структуре, а его стойкость к деформации и растрескиванию при термоусталостных испытаниях повышается [7].

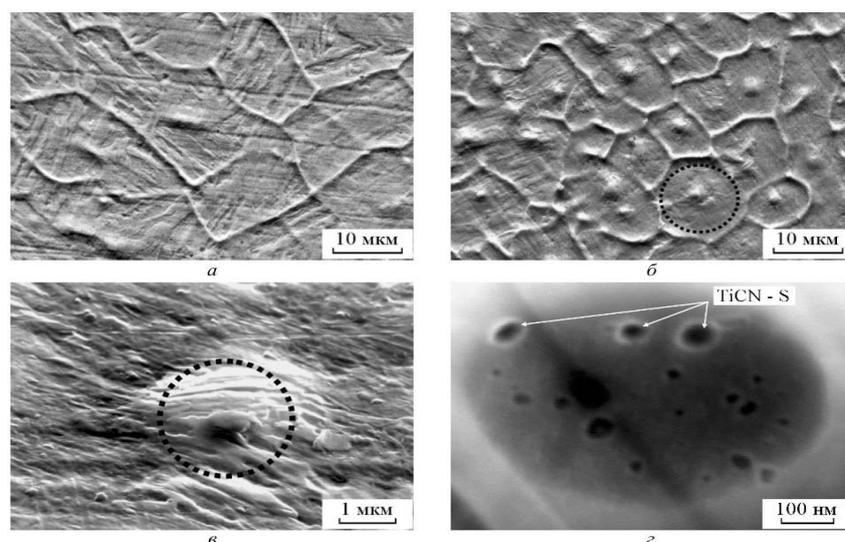


Рис. 2. РЭМ изображения структуры аустенитно-мартенситного сплава 15X15H4AM3, наплавленно-го без использования (а) и с использованием наночастиц TiCN (б-г), при различном увеличении

Улучшение механических свойств сплавов, наплавленных с добавлением тугоплавких наночастиц, можно объяснить формированием композиционной структуры, важным элементом чего следует считать интерметаллические соединения сферической формы. Электронно-микроскопические исследования приготовленных ионным травлением сечений этих интерметаллидов выявили наличие в них многочисленных скоплений наночастиц размерами 5 - 50 нм, расстояние между которыми изменялось в пределах 20 - 150 нм. Учитывая размер интерметаллидов, можно полагать, что количество содержащихся в них наночастиц может быть от нескольких сотен до нескольких тысяч [7].

Целью работы А.А. Артемьева и Г.Н. Соколова являлось исследование влияния наночастиц TiCN, добавленных в порошковую проволоку, на формирование структуры искусственного композита и изучение свойств наплавленного электрошлаковым способом износостойкого слоя металла. Порошковую проволоку подавали в шлак АНФ-6 через полевой электрод. Для модифицирования наплавленного металла в шихту экспериментальных порошковых проволок вводили до 2%(масс.) композиционного порошка, состоящего из микропорошка никеля с размером частиц не более 60 мкм в количестве 70%(масс.) с внедренными в них ультрадисперсными тугоплавкими частицами TiCN с размерами не более 80 нм в количестве 30%(масс.) [8].

Анализ проведенный металлографическим методом показал, что структурно-фазовый состав наплавленного металла с матрицей типа 20X7Г12Н2 при различном содержании введенного в проволоку бориды значительно различается. При содержании 28%(масс.) TiB₂ структура металла заэвтектическая. Боридная эвтектика на основе α-железа и остаточного аустенита имеет микротвердость в пределах 12 - 15.5 ГПа.

Снижение массовой доли порошка диборида титана в наполнителе проволоки до 18%(масс.) приводит к формированию эвтектической структуры, характеризующейся пониженной микротвердостью (6.7 - 7.5 ГПа) и значительной дисперсностью. Твердость наплавленного металла также снижается и составляет 45 - 48 HRC.

При уменьшении содержания количества TiB₂ в проволоке до 8%(масс.) структура наплавленного металла представляет собой зерна легированного аустенита с микротвердостью равной 4 - 5 ГПа, окруженные раздробленной боридной эвтектикой. При этом его твердость имеет низкое значение - 17 - 20 HRC вследствие малого количества эвтектики в мягкой и пластичной аустенитной матрице.

Испытания образцов на абразивное изнашивание показали, что увеличение содержания TiB₂ в 3.5 раза в шихте порошковой проволоки приводит только к 2.5 - кратному повышению относительной износостойкости наплавленного металла.

Установлено, что в процессе электрошлаковой наплавки происходит растворение и коагуляция определенного количества наноразмерных частиц TiCN с дальнейшим образованием колоний укрупненных до 1-3 мкм частиц неправильной формы. С использованием атомно-силовой микроскопии было выявлено, что в слое наплавленного металла находятся включения размером 15 - 50 нм.

Некоторое количество частиц TiCN не подвергается растворению в расплаве и они служат центрами кристаллизации для других соединений титана. Также выявлено повышение относительной износостойкости более чем в 2 раза по сравнению с исходным сплавом и ее значение составило 12.6, что практически в 5 раз превышает соответствующий показатель одного из лучших промышленных износостойких сплавов, наплавленного стандартной проволокой ПП Нп-170М (15X15P3T2) [8].

Перед авторами работы А.М. Левченко, С.Г. Паршиным, И.С. Антиповым стояла цель разработки порошковой проволоки для механизированной подводной сварки сталей. Изготовление данной порошковой проволоки производили способом пластического деформирования ленты из стали 08кп по ГОСТ 3560–73 с заполнением шихтой и с последующим волочением порошковой проволоки до необходимого диаметра 1.6 мм. В состав шихты проволоки входили рудоминеральные и химически чистые компоненты с однородным гранулометрическим составом с коэффициентом заполнения порошковой проволоки 30 – 35%. Нанокomпозиционное покрытие наносилось электрохимическим способом из коллоидных сульфатных электролитов, с содержанием нанодисперсных частиц галогенидных солей и оксидов.

Выявлено, что при содержании частиц TiCN в наполнителе проволоки свыше 0.2 масс.% наблюдается модифицирование структуры наплавленного слоя металла, проявляемое в уменьшении средних размеров зерна в 2.0–2.5 раза. Предположительно, наночастицы карбонитрида титана, имеющие высокую термодинамическую стабильность, подвергаясь незначительному растворению в металлическом расплаве, переходят из шихты порошковой проволоки в сварочную ванну, оказывая влияние на кинетику процесса кристаллизации наплавленного металла.

Исследование структур выявило, что повышенное (более 0.5 масс.%) содержание наноструктурированного порошка TiCN в наполнителе порошковой проволоки приводит к образованию в модифицированной структуре наплавленного металла относительно крупных (до 2 мкм) включений карбонитрида титана. Такие включения имеют естественную природу, и их происхождение объясняется расплавлением более мелких (менее 30 нм) частиц наноструктурированного порошка, температура плавления которых может быть менее 2400 °С [9]. Этот процесс протекает на стадии плавления и переноса электродного металла, когда температура капель достигает 2500 °С.

Установлено, что наличие в структуре металла крупных (более 2 мкм) включений карбонитрида титана может рассматриваться как формирование концентраторов напряжений, значительно снижающих его усталостную прочность. Поэтому содержание исходного наноструктурированного порошка в шихте проволоки не должно превышать 0,5 масс.% [9].

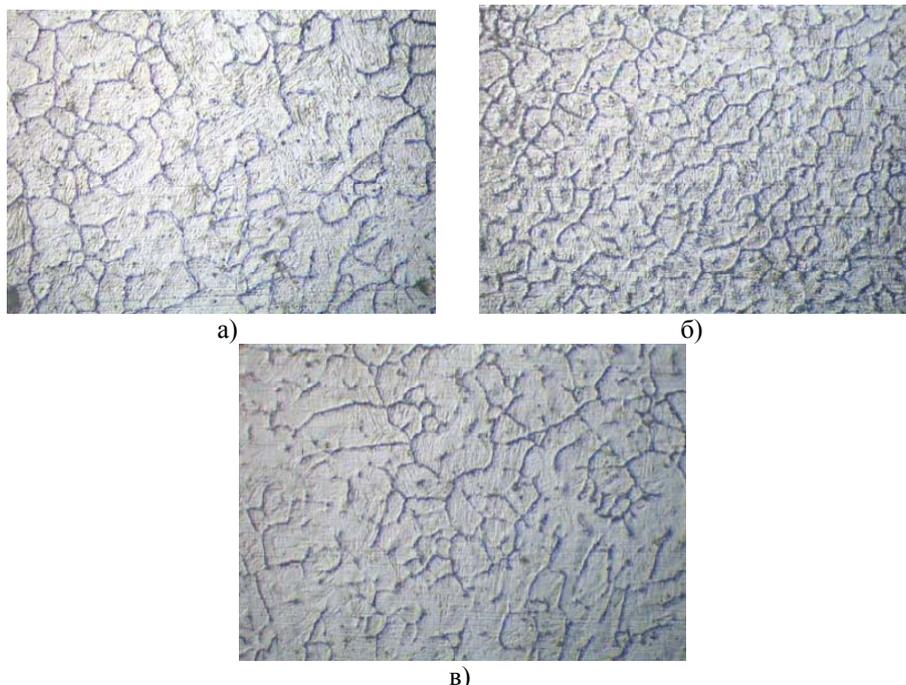


Рис. 3. Микроструктуры наплавленного металла $\times 1000$: а – в исходном состоянии; б – при 0,4 масс.% TiCN; в – при содержании в проволоке порошков титана, графита и азотированного хрома в эквивалентном для получения TiCN соотношении [9]

Исследования сварочно-технологических свойств порошковых проволок показали, что проволока марки ПП-ПС характеризуется равномерным плавлением оболочки и сердечника, мелкокапельным переносом электродного металла, обеспечивает хорошее качество формирования сварных швов при подводной сварке в нижнем, горизонтальном и вертикальном положениях [9].

В своих работах [12 – 14] Паршин С.Г. приводит описание применения нанодисперсных частиц активирующих флюсов и наноструктурированных электродных материалов. Целью данных работ являлось повышение уровня производительности процесса сварки и улучшение характеристик капельного переноса электродного металла и повышение качества сварных соединений стали. Было установлено, что применение наноструктурированных флюсов дает возможность эффективного управления энергетическими свойствами дуги, улучшения характеристик капельного переноса электродного металла и повышения качества сварных соединений [12],[13]. Использование разработанных экспериментальных наноструктурированных электродных проволок с микрокомпозиционными покрытиями состоящими из частиц галогенидов в металлической матрице позволило разработать технологию форсированной MIG – сварки сталей с увеличением производительности процесса сварки до 68,5 %. Сварные швы, которые были выполнены по новой технологии, имеют хорошее стабильное формирование шва при глубоком проплавлении листового проката, в том числе в критическом и суперкритическом режимах при высоких плотностях тока [14].

Таким образом, по результатам изучения соответствующей литературы, установлено, что введение в сварочную ванну при сварке или наплавке наноструктурированных частиц тугоплавких соединений способствует созданию мелкозернистой структуры металла вследствие образования центров кристаллизации наночастицами тугоплавких соединений.

Также введение тугоплавких частиц при наплавке обеспечивает повышение стойкости наплавленного слоя к абразивному изнашиванию.

Порошковые проволоки с добавлением наночастиц тугоплавких соединений обладают хорошими технологическими свойствами.

На ряду со всеми преимуществами сварка и наплавка порошковой проволокой имеет ряд недостатков. Для применения порошковой проволоки из-за недостаточной жесткости ее трубчатой конструкции необходимо применение подающих механизмов с ограниченным усилием сжатия проволоки в подающих роликах. Стандартная порошковая проволока, имеющая диаметр 2.6 и более миллиметра, требует применение дуги с повышенным значением сварочного тока с целью непрерывного горения дуги. Этот факт позволяет использовать данные проволоки только в нижнем положении или крайне редко – в вертикальном. Также порошковые проволоки имеют относительно высокую стоимость, по сравнению с проволоками сплошного сечения.

Литература.

1. S. V. Makarov and S. B. Sapozhkov Use of complex nanopowder (Al₂O₃, Si, Ni, Ti, W) in production of electrodes for manual arc welding // World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Techniques and Technologies). 2013. P. 87-90.
2. S. V. Makarov and S. B. Sapozhkov Production of electrodes for manual arc welding using nanodisperse materials // World Applied Sciences Journal. 2014. 29 (6). P. 720-723.
3. В.К. Афанасьев, А.Н. Смирнов, С.А. Гладышев, В.Ю. Блюменштейн, А.О. Токарев, М.В. Чибряков, С.М. Никитенко, А.В. Кольба, А.П. Зырянов, М.А. Мартынов, М.В. Масляев, А.В. Сочнев, В.Н. Толстогузов Наплавочные сплавы: Учеб. Пособие. Колл. Авторы. Под научной редакцией В.К. Афанасьева. – Кемерово: “Полиграф”, 2005 – 243 с.
4. А.А. Мазур, О.К. Маковецкая, С.В. Пустовойт, Н.С. Бровченко Порошковые проволоки на мировом и региональных рынках сварочных материалов. Автоматическая сварка 5 - 6 2015., с. 68 – 74.
5. В.М. Виноградов, А.А. Черепяхин, Н.Ф. Шпунькин Основы сварочного производства– М.: Издательский центр «Академия», 2007г.
6. Зусин В.Я. Исследование модифицирования металла, наплавленного порошковой проволокой с алюминиевой оболочкой. //Вісник приазовського державного технічного університету №2 2011г., с. 180 – 183.
7. Г.Н.Соколов, И.В. Зорин, А.А. Артемьев, В.Б. Литвиненко-Арьков, Ю.Н. Дубцов, В.И.Лысак, В.О.Харламов, А.В.Самохин*, Ю.В.Цветков*Особенности формирования структуры и свойства наплавленных сплавов под влиянием наночастиц тугоплавких соединений //Физика и химия обработки материалов №22014, с.38 – 47.

8. А.А. Артемьев, Г.Н. Соколов, В.И. Лысак Влияние микрочастиц диборида титана и наночастиц карбонитрида титана на структуру и свойства наплавленного металла // *Металловедение и термическая обработка металлов* №12 2011 г., с 32 – 37.
9. А.М. Левченко, С.Г. Паршин, И.С. Антипов Сварочная порошковая проволока с нанокomпозиционным покрытием для подводной механизированной сварки // *Материалы лучших докладов Недели науки СПбГПУ 2 – 7 декабря 2013 г.*, с. 169 – 175.
10. Рябцев И.А., Кондратьев И.А Влияние ультрадисперсных карбидов в порошковых проволоках на свойства теплоустойчивого наплавленного металла // *Автоматическая сварка*. 2009. №6. С.13-15.
11. Lukashov A. S. ,Zernin E. A. , Kuznetsov M. A. Application of inorganic nanopowders in welding, surfacing and spraying (review) // *Applied Mechanics and Materials*. - 2015 - Vol. 770. - p. 299-303.doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.770.299
12. Паршин С.Г. Применение ультрадисперсных частиц активирующих флюсов с целью повышения производительности MIG/MAG - сварки сталей // *Сварочное производство*. 2011. №6. С.16-21.
13. Паршин С.Г. MIG – сварка стали с применением наноструктурированных электродных материалов // *Сварочное производство*. 2011. №10. С.27-31.
14. Паршин С.Г. Повышение производительности WIG – сварки сталей и алюминиевых сплавов при введении ультрадисперсных частиц активирующих флюсов // *Сварочное производство*. 2012. №3. С.7-11.
15. Klimpel A., Kik T. Erosion and abrasion wear resistance of GMA wire surfaced nanostructural deposits // *Archives of Materials Science and Engineering*. 2008. №2. P.121-124.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ – КАК РЕШЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОЙ ЗАДАЧИ ПО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЮ

*А.Г. Крампит, д.т.н., профессор, Н.Ю. Крампит, к.т.н., доцент, Э.К. Габитов, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: akrampit@mail.ru*

В отечественной промышленности существует зависимость от иностранных технологий и оборудования, что стало одной из причин технологического отставания. Зависимость от оборудования осложняется длительностью процесса создания и апробации российских аналогов. По состоянию на начало 2015 г. по целому ряду направлений Россия попала в высокую зависимость от иностранных компаний.

Проблема технологического отставания сформировалась на протяжении двух последних десятилетий. В товарной структуре импорта из стран дальнего зарубежья на долю машин и оборудования приходится свыше 50%. По результатам анализа, проведенного Минпромторгом, доля импорта в станкостроении, по разным оценкам, превышает 90%, в тяжелом машиностроении - 60-80%, в легкой промышленности - 70- 90%, в электронной промышленности - 80-90%, в фармацевтической, медицинской промышленности - 70-80%, в машиностроении - 60-80% [1].

Задачи импортозамещения и развития отечественной промышленности в отраслях народного хозяйства являются одними из приоритетных для обеспечения устойчивого функционирования российской промышленности в будущем.

Опыт Китая в привлечении современных технологий и локализации производств показывает, что договоренности с зарубежными компаниями в различных отраслях производства имели многоэтапный характер. На первом этапе в Китай поставлялось оборудование и комплектующие из-за рубежа, проходила апробация технологий. На втором этапе создавалось совместное производство на территории Китая, в рамках которого осуществлялась локализация выпуска всего необходимого оборудования. Третий этап мог предполагать или продолжение совместной работы, но при условии наличия у китайской стороны решающего голоса по всем ключевым вопросам управления, или полный переход предприятий под китайский контроль. Реализация схожих схем возможна и в России, особенно по направлениям, где отечественная промышленность имеет технологические отставания. Одним из наиболее наглядных индикаторов качества и конкурентоспособности отечественной продукции является ее востребованность не только на внутреннем, но и на внешних рынках. Сегодня создание глобальных цепочек добавленной стоимости является одной из приоритетных задач отечественной экономики [2].

Поэтому в ходе стимулирования импортозамещения отдельное внимание следует уделить созданию конкурентоспособной продукции, не уступающей по ценовым и качественным характеристикам зарубежным аналогам география сбыта которой не ограничивалась бы отечественным рынком. [3].

Реализация программы импортозамещения, по оценкам Минпромторга, позволит российским предприятиям сформировать дополнительный объем производства на сумму свыше 30 млрд. рублей ежегодно, начиная с 2015 года [1].

Экспертные оценки показывают, что уровень конкурентоспособности практически всех секторов индустриального производства в России ниже имеющегося потенциала. Развитию производства и повышению его конкурентоспособности может способствовать реализация такого стратегического направления промышленной политики, как импортозамещение (возможности отечественного производства конкретных номенклатур конечной или промежуточной продукции и замещение ими импорта во внутреннем потреблении). Такой тип экономической стратегии и промышленной политики государства, который направлен на замену импорта промышленных товаров, пользующихся спросом на внутреннем рынке, товарами национального производства [4].

В настоящее время тема импортозамещения стала одной из самых обсуждаемых. Драйвером реализации политики импортозамещения стали отказ Украины от сотрудничества в ряде производств и вводимые США и Евросоюзом в отношении России экономические санкции. На пленарном заседании Санкт-Петербургского международного экономического форума 23 мая 2014 г. Президент России В.В. Путин заявил: «Уверен, что за счет модернизации промышленности, строительства новых предприятий, локализации конкурентного производства в России мы сможем существенно сократить импорт по многим позициям, вернуть собственный рынок национальным производителям. Это, в том числе, производство программного обеспечения, радиоэлектронного оборудования, энергетического оборудования, это текстильная промышленность и это, конечно, рынок продовольствия»

Стратегия импортозамещения - это курс на модернизацию отечественного производства, который способствует развитию индустриального сектора, его техническому перевооружению, повышению качества производимых товаров, развитию инновационной активности. Одним из приоритетов являются высокотехнологичные отрасли промышленности. Продукт их деятельности – это технологии, воплощенные в производственном оборудовании, используемом в других отраслях промышленности, а также на транспорте, в сфере услуг, в инфокоммуникациях и др. За счет их развития обеспечивается технологическая независимость и технологическая безопасность [4].

В статье представлен пример модернизации сварочного оборудования в свете решения по приоритетному направлению импортозамещения, относящемуся к основной стратегической задаче инновационного развития России до 2020г.

Появление и развитие процесса импульсно-дуговой электрической сварки как плавящимся, так и неплавящимся электродом вызывают необходимость разработки специальных систем питания и управления.

В области дуговой сварки всегда шли параллельно два процесса. Один из них заключается в довольно частых модернизациях существующих образцов оборудования с целью получения улучшенной конструкции. Второй процесс – скачкообразный, характерен резкими изменениями свойств и потребительских качеств оборудования. Принципиально новое оборудование всегда являло собой воплощение новых достижений технологии сварки, основанных на более глубоком понимании сварочных процессов. Реализация этих достижений, как правило, подкреплялась новой электронной и электротехнической элементными базами. Сочетание правильного понимания сварочного процесса с надежной элементной базой и грамотными конструктивными решениями обычно определяет успех нового оборудования.

Сочетание это достигается достаточно трудно и поэтому редко можно видеть действительно удачные образцы нового оборудования. К тому же, это накладывается на традиционную консервативность сварщиков. Причем, чем более ответственные соединения свариваются, тем более настороженной подход к новым процессам и оборудованию. Поэтому особенно приятно рассказать об образцах принципиально нового оборудования, которые обеспечивают качественные сварочные процессы, не уступая своим предшественникам в надежности и уже в настоящее время работают на сварочных участках Российских предприятий.

В данной работе предлагается усовершенствование процесса сварки в углекислом газе при модернизации сварочного оборудования [5].

Как уже отмечалось ранее, к способам, которые могут практически исключить большинство недостатков механизированной сварки в углекислом газе, относятся импульсные методы управления переносом электродного металла. При использовании способа сварки с импульсным питанием повышается устойчивость горения дуги и обеспечивается управляемый перенос электродного металла в сварочной дуге во всех пространственных положениях, вследствие чего снижается разбрызгивание электродного металла и улучшается формирование капли электродного металла, появляется возможность активно воздействовать на геометрические размеры сварного шва и структуру формирующего-

ся сварного соединения. При участии авторов был разработан и успешно реализован способ сварки в CO_2 при импульсном питании длинной дугой [6]. Особенность данного способа сварки заключается в том, что на интервале действия одного импульса сварочного тока происходит окончательное формирование, отрыв и перенос капли электродного металла, а также зарождение новой капли. Так как после переноса капли электродного металла импульс сварочного тока не прекращается, то это вызывает дальнейшее активное плавление электрода. К преимуществам способа можно отнести и то, что в импульсе происходит дозирование энергии, идущей на расплавление капли электродного металла. Дозируя энергию, можно получать капли, необходимых размеров. На интервале паузы капля под действием силы поверхностного натяжения выравнивается на торце электрода и соосно переходит в сварочную ванну, что является также положительным моментом, а именно, направленный перенос электродного металла.

Для реализации данного способа была изготовлена лабораторная установка, в состав которой входит следующее оборудование: сварочная головка ГСП-2 с блоком управления БАРС-2В, модернизированный источник питания ВДУ-504 с модулятором ИРС-1200АДМ [7]. При модернизации оборудования необходимо учитывать не только эффективность и малозатратность, но и запросы потребителей данного оборудования, поэтому возможности модернизации должны быть сведены к следующим моментам:

- снижение потерь электродного металла на разбрызгивание;
- снижение трудноудаляемого набрызгивания электродного металла на основной металл;
- облегчение и ускорение процесса безошибочной настройки режимов;
- простота конструкции оборудования, позволяющая обеспечить высокий уровень ремонтпригодности;
- надежность, являющаяся неотъемлемым требованием ко всем новым техническим решениям;
- относительно низкая стоимость оборудования и низкий уровень эксплуатационных затрат [8].

Модернизация сварочного выпрямителя ВДУ-504УЗ заключается в следующем. Из силовой части выпрямителя были исключены дроссель и уравнительный реактор, что обеспечивает большую скорость нарастания сварочного тока при наложении импульса. Выполнено это простым закорачиванием входа уравнительного реактора и подключением к точке соединения силового кабеля (рис. 1).

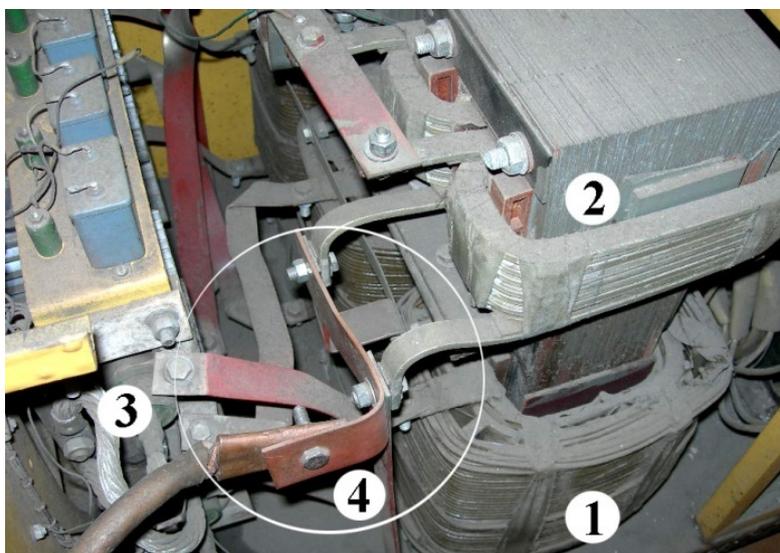


Рис. 1. Изменение в силовой части ВДУ-504:

- 1 – силовой трансформатор; 2 – уравнительный реактор; 3 – блок силовых тириستоров;
4 – место подключения силового кабеля

Для устранения провалов при выпрямлении регулятор на лицевой панели выводится на максимум. Также возможна замена силовых тиристоров (рис. 2,а) на диоды (рис. 2,б), в этом случае можно демонтировать блок управления. Регулирование параметров сварки, в данном случае, осуществляется скоростью подачи электродной проволоки и изменением параметров модулятора (частоты наложения и длительности протекания импульсов). Амплитудное значение сварочного тока регулируется за счет включения в цепь секционированного дросселя небольшой индуктивности или балластного реостата.

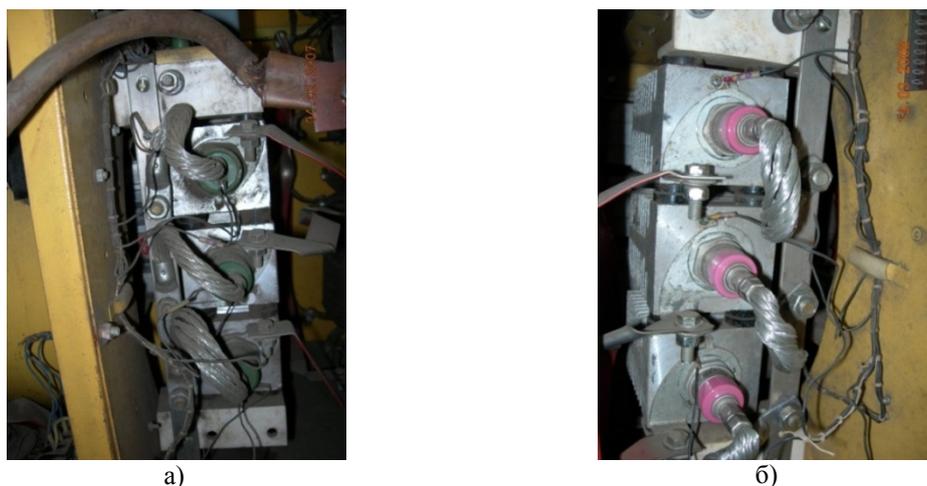


Рис. 2. Силовая часть ВДУ-504
а – стандартная часть (тиристоры Т161); б – модернизированная часть (диоды Д160)

Модулятор (ИРС - импульсное регулируемое сопротивление) выполнен в виде приставки к сварочному источнику постоянного тока, например, ВДМ-1001, ВДМ-1601, ВДУ-504(506) и др. Модулятор предназначен для механизированной и автоматической сварки плавящимся электродом длинной дугой в среде активных и инертных газов, их смесях и открытой дугой самозащитной проволокой сплошного сечения, а также порошковыми проволоками во всех пространственных положениях с управляемым переносом электродного металла. Модулятор (рис. 3а) состоит из следующих элементов: схемы управления (рис. 3б), блока силовых тиристоров и коммутирующего конденсатора (рис. 3в), зарядного дросселя.

Система (модулятор + источник питания) импульсного питания имеет следующие технические характеристики:

Амплитуда импульсов сварочного тока, А	300 - 1200
Ток паузы, А	20 - 40
Средний ток, А	100 - 300
Частота импульсов, Гц	25 - 150
Длительность импульсов, $c \cdot 10^{-3}$	1 - 8

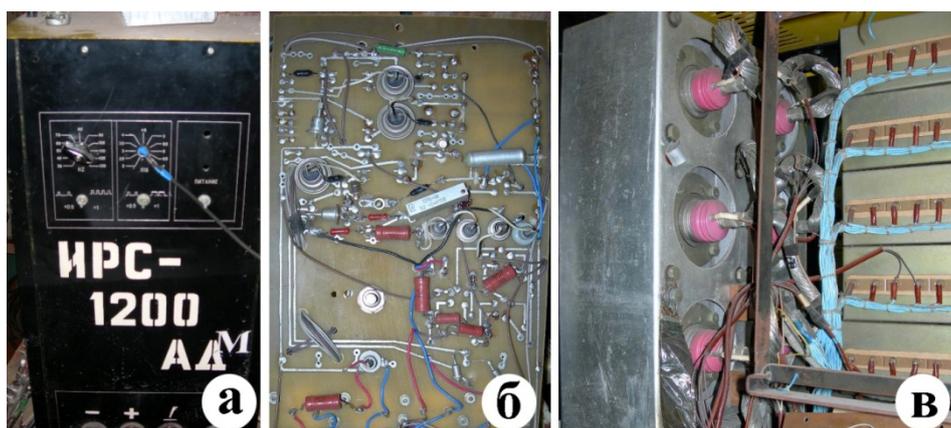


Рис. 3. Модулятор ИРС-1200АДМ: а) лицевая панель модулятора; б) схема управления; в) силовые тиристоры и коммутирующий конденсатор

Применение импульсного питания позволяет в более широких пределах варьировать параметрами сварки (средними значениями сварочного тока и напряжения) [9]. Данный процесс характеризуется большим силовым воздействием сварочной дуги во время наложения импульса сварочного тока. Периодическое воздействие сварочной дуги при изменении параметров импульса позволяет активно влиять на геометрию сварного шва, а также на структуру формирующегося сварного соединения [10].

Благодаря большой мощности дуги процесс с импульсным питанием можно использовать для механизированной и автоматической сварки конструкций в среде углекислого газа в различных пространственных положениях, а также при сварке толстолистовых изделий в щелевую разделку [11]. Лабораторные испытания модернизированного оборудования показали, что повышается стабильность процесса сварки в среде углекислого газа, улучшается структура наплавленного металла, уменьшается протяженность зоны термического влияния, а также улучшаются механические свойства сварного соединения [12].

Таким образом, усовершенствование процесса сварки в среде углекислого газа с применением импульсного изменения параметров сварки не требует значительных затрат и позволяет стабилизировать процесс сварки при улучшении технологических свойств сварных соединений, а следовательно, и всей конструкции в целом. После модернизации сварочное оборудование позволяет выполнять сварку на новом качественном уровне (получение управляемого переноса электродного металла во всех пространственных положениях при улучшении технологических свойств и качества сварного соединения).

Экономическая эффективность (эффективность производства) — это соотношение экономического результата и затрат факторов производственного процесса [13]. Для количественного определения экономической эффективности используется показатель эффективности, также это — результативность экономической системы, выражающаяся в отношении полезных конечных результатов её функционирования к затраченным ресурсам.

На практике определение экономической эффективности не является строгим и общепризнанным для понимания. Зачастую под эффективностью понимается экономический эффект (результат функционирования экономической системой). Так, показателем экономической эффективности на уровне предприятия рассматриваются: прибыль — абсолютный показатель, и рентабельность — относительный показатель. В данном случае прибыль целесообразно называть показателем эффективности, а рентабельности — экономической эффективности.

Также необходимо отметить, что экономическая эффективность является показателем эффективности среди таких категорий, как социальная эффективность, экологическая эффективность, производственная эффективность и т.д. Особенностью данных показателей является не столько соотношение результатов с затратами ресурсов, сколько непосредственно достижение самого результата: если он достигнут, то функционирование системы эффективно.

Проведем экономический расчет экономической эффективности от модернизации сварочного оборудования.

В качестве примера рассмотрено оборудование на кафедре сварочного производства Юргинского технологического института (филиала) Национального исследовательского Томского политехнического университета.

В 2014г. для научных и лабораторных работ профессорско-преподавательского состава кафедры был закуплен источник питания Lorch S8 за 650 тыс.руб. Стоимость ВДУ-504 в 2014г. составила 80 тыс.руб. Модернизация сварочного оборудования включает в себя приобретение модулятора ИРС-1200АДМ за 100 тыс.руб. плюс изменение силовой части источника питания примерно в размере 10 тыс.руб. После проведения простейших расчетов мы получаем, что модернизация оборудования обошлась в 110 тыс.руб. И тогда общая стоимость сварочного оборудования составляет 190 тыс.руб. (по ценам 2014г.).

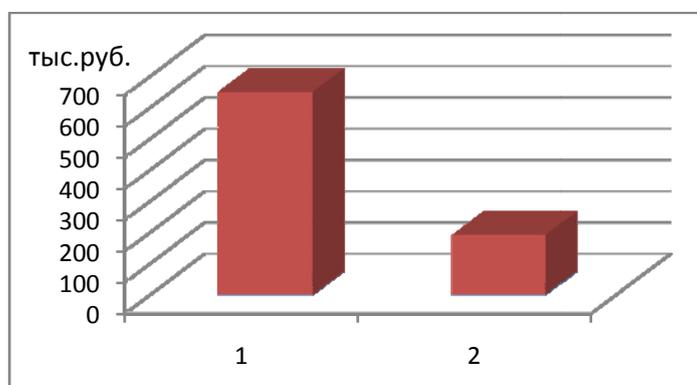


Рис. 4. Сравнение стоимости оборудования: 1 - источник питания Lorch S8; 2 – модернизированное сварочное оборудование

В 2015г. аналогичный источник питания Lorch S8 фирма поставщик предлагает уже за 1млн. 100 тыс. руб.

Таким образом, сравнение стоимости приведенного выше сварочного оборудования показывает экономическую эффективность модернизации уже имеющегося оборудования.

Вывод.

Развитию производства и повышению его конкурентоспособность может способствовать реализация такого стратегического направления промышленной политики, как импортозамещение. В работе представлен пример модернизации сварочного оборудования в свете решения по приоритетному направлению импортозамещения, относящемуся к основной стратегической задаче инновационного развития России до 2020г.

Литература.

1. Ю.В. Неёлов. Перспективы импортозамещения в Российской Федерации, // Аналитический вестник. 2015. № 27 (545). С. 4-7.
2. Мау В.А., Улюкаев А.В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики, № 11, 2014.
3. В.А. Кулагин, Д.А. Грушевенко, Е.О. Козина. Эффективное импортозамещение // Энергетика и геополитика. 2015. № 1. С. 49-57.
4. Ю.В. Вертакова, В.А. Плотников. Перспективы импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности. // Аналитический вестник. 2015. № 27 (545). С. 7-20.
5. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Усовершенствование процесса сварки при модернизации оборудования // Ремонт, восстановление и модернизация оборудования. 2009г. №9. С.7-9.
6. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Петриков А.В. Способ импульсно-дуговой сварки / Патент на изобретение № 2133660 от 27.07.99г.
7. Князьков А.Ф., Федько В.Т., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г., Князьков В.Л., Князьков С.А. Искусственная формирующая линия в силовой части модулятора ИРС-1200АДМ // Ремонт, восстановление, модернизация. 2003г. №12. С.28-30.
8. Лебедев В.А., Кузьмин С.А., Новгородский В.Г., Пичак В.Г. Управление процессом механизированной сварки в углекислом газе с использованием параметров переноса электродного металла // Сварочное производство. 2002. №5. С.6-14.
9. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г., Князьков С.А. Особенности импульсного управления процессом сварки в СО₂ длинной дугой // Автоматизация и современные технологии. 2002г. №9. С.12-15.
10. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г., Князьков С.А., Проняев А.Б. Исследования влияния параметров импульсов на формирование шва при импульсном питании сварочной дуги // Автоматизация и современные технологии. 2004г. №2. С.3-8.
11. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г., Князьков С.А. Совершенствование процесса импульсно-дуговой сварки в СО₂ в щелевую разделку // Сварочное производство. 2004г. №1. С.36-38.
12. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Схема воздействия импульсного питания сварочной дуги на структуру формирующегося сварного соединения // Вопросы материаловедения. 2003г. №2(34). С.45-51.
13. Щербаков А.И. Совокупная производительность труда и основы её государственного регулирования. Монография. М. - М.: Издательство РАГС.- 2004.- С. 15.

ВОПРОСЫ СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

В настоящее время в стране возрос интерес к ресурсосберегающим упрочняющим технологиям, позволяющим получить заданные триботехнические свойства инструмента и деталей машин (пар трения) из менее дорогостоящих металлов и сплавов [1]. Этому предшествовало то, что большинство машиностроительных предприятий в производственной практике используют такие виды термической обработки, как закалка, отпуск, закалка ТВЧ, цементация и нитроцементация. Другие же мето-

ды упрочнения, как ионно-плазменные технологии, лазерная обработка и электроискровые процессы (электроискровое легирование и электроакустическое напыление) и их комбинации, применяются крайне редко по причине жесткости технологических режимов, даже если программа работ не велика. Однако на эти методы упрочнения следует обратить внимание.

Применение лазерной технологии [2], благодаря высокой плотности энергии в луче лазера, позволяет осуществлять закалку поверхности сталей с высокой твердостью и износостойкостью. Перспективным направлением в решении проблемы обеспечения деталей и инструмента является использование комбинированных методов упрочнения с применением лазерного излучения [3,4]. Одним из вариантов упрочнения является сочетание химико-термической обработки (ХТО), в результате которой на поверхности образуется диффузионно-насыщенный слой, с последующим воздействием лазерного излучения на этот слой [3-5].

Перспективным направлением в области упрочнения поверхности является электроискровое легирование (ЭИЛ) и его разновидности: локальное электроискровое нанесение покрытий (ЛЭНП) и электроакустическое нанесение покрытий (ЭЛАНП) [6-10]. Исследования показывают, что ЛЭНП и ЭЛАНП позволяет увеличить износостойкость поверхности режущего инструмента в 1,5-3 раза, холодноштампованного инструмента – до 50%, а также увеличить коррозионную стойкость и жаростойкость обрабатываемых поверхностей. При ЭИЛ разогрев деталей и инструментов не существен, что исключает их коробление и в большинстве случаев не требует финишной механической обработки.

Метод ЭИЛ основан на явлении переноса материала электрода при импульсном разряде на обрабатываемую поверхность и представляет собой совокупность эрозионного, термического и термохимического процессов. При нанесении электроискровых покрытий на стали в подложке сохраняется исходный фазовый состав, а на поверхности формируется так называемый “белый” слой, состоящий из мартенсита, аустенита и частично из аморфизированной фазы.

Формирование поверхностно измененного слоя (ПИС) при электроискровом легировании рассматривается в виде нескольких одновременно действующих процессов:

- постоянный вклад в массоперенос и формирование на катоде покрытия в зависимости от постоянно действующих явлений;
- изменение элементного состава и структуры ПИС электродов (микрометаллургические, кристаллизационные, диффузионные процессы) в зависимости от величины суммарной энергии искровых разрядов, частоты следования и длительности импульсов;
- накопление дефектов, повышение внутренних напряжений и хрупкости, приводящее к разрушению ПИС, в зависимости от суммарной величины энергии искровых разрядов.

Однако полная физическая модель ЭИЛ далека от совершенства. Существующие количественные оценки параметров покрытий при ЭИЛ, как правило, ограничиваются расчетами температурных полей и возникающих напряжений в поверхностной области электродов под действием электрических разрядов. Очевидно, что формирование ПИС на катоде связано с явлениями тепло-массопереноса, к которым относятся нагрев, плавление и испарение материала, диффузия и перемещение вещества, находящегося в жидком состоянии.

В связи с этим создание модели формирования покрытия на катоде-металле при ЭИЛ с точки зрения явлений переноса энергии и вещества представляет как научный, так и практический интерес для развития физической теории электроискрового легирования и управления параметрами процесса. Причем, если процесс протекает на воздухе, то при формировании ПИС участвуют как минимум четыре типа атомов: легируемого металла, металла-основы, азота и кислорода. Поэтому для более точного прогноза свойств электроискровых покрытий на металлах необходимы дальнейшие исследования в этой области.

В зависимости от материалов упрочняющих электродов возможно получение нитридов и карбидов легирующих элементов. Подслой представляет собой структуру мартенсита и троостита или сорбита.

Электроискровому упрочнению поддаются черные металлы и сплавы. В качестве упрочняющих электродов возможно использование любых токопроводящих материалов в зависимости от поставленной задачи и ожидаемых результатов. Широко применяются твердые сплавы, составляющими которых являются карбиды вольфрама и титана, феррохром, хром, хром-марганец, алюминий, белый чугун, графит, электродные материалы, содержащие в качестве добавок к матрице самофлюсующиеся материалы, а также вещества, образующие защитную атмосферу, стабилизирующие искровой разряд в процессе ЭИЛ. Метод не требует предварительного нагрева и последующей термообработки. Упрочненный слой имеет высокую твердость и износостойкость, а при соответствующем под-

боре электродов – жаростойкость. ЭИЛ не оказывает влияние на ударную вязкость, снижает сопротивление усталости в связи с положительными напряжениями в слое. К недостаткам метода можно отнести низкую производительность, высокую шероховатость и несплошность (раковины, трещины, поры) покрытий, которые устраняются автоматизацией процесса, лазерным оплавлением, алмазным или минералокерамическим выглаживанием [4-9] и оптимизацией режимов нанесений покрытий.

Процесс ЭИЛ является сложным физико-химическим процессом, протекающим при одновременном воздействии значительного числа переменных факторов. На перенос вещества с одного электрода на другой существенное влияние оказывают энергетические и временные параметры искровых разрядов, факторы, определяющие взаимное перемещение электродов, конструктивные особенности коммутирующих устройств, определяющих движение электрода-инструмента (электромеханические вибраторы, одно- и многоэлектродные головки), соотношение физико-химических свойств материалов электродов и состояние межэлектродной газовой среды.

Немаловажное значение для широкого внедрения процесса ЭИЛ в производство является работа по совершенствованию электронных схем генераторов импульсов, проектированию и изготовлению эффективных установок для осуществления этого процесса, а также по оптимизации управления исполнительным узлом (электродом) инструментом в процессе ЭИЛ. При этом в основу разработки новых конструкций установок положены задачи повышения надежности и стабильности работы, уменьшения удельных энергозатрат на процесс, повышения производительности, мобильности, простота в обслуживании.

Следует отметить, что новые технические решения в конструкции генераторов импульсов для электроэрозионной размерной обработки (ЭЭРО) послужили существенным толчком в широком внедрении ЭЭРО в производство, позволили повысить скорость съема металла на жестких режимах, снизить износ инструмента и энергоёмкость процесса.

Практика использования метода ЭИЛ показывает, что отечественные промышленные установки для нанесения покрытий и их зарубежные аналоги не всегда удовлетворяют многочисленным запросам потребителей по толщине и качеству образуемого ПИС в связи с многообразием взаимовлияющих факторов и необходимостью их учёта и контроля в процессе ЭИЛ. Вместе с тем до сих пор не определен механизм влияния комплексного воздействия электрических параметров генераторов импульсов на формирование ПИС с заданными свойствами. Решение этой задачи требует проведения систематических исследований и анализа влияния, в первую очередь энергии единичного разряда, амплитуды, формы, длительности, частоты и скважности импульсов, с применением приборного и компьютерного контроля над проведением технологического процесса формирования ПИС.

В ЭИЛ наибольшее распространение и развитие во всех промышленно развитых странах мира получили генераторы импульсов, основанные на разряде конденсатора непосредственно в разрядный промежуток. В настоящее время в мировой практике наблюдается тенденция разработки и использования именно таких универсальных генераторов импульсов повышенной частоты (до 2000 Гц) с высокой энергией единичного разряда, позволяющих применять ЭИЛ не только для упрочнения рабочих поверхностей, но и для восстановления изношенных поверхностей деталей машин.

Если проводить параллель с конструкцией современных генераторов импульсов для ЭЭРО и для ЭИЛ, то существует некий резерв для дальнейшего совершенствования имеющихся и создания принципиально новых генераторов импульсов технологического тока, возможно на основе импульсных или инверторных схемных решений, позволяющих сделать существенный качественный прорыв в развитии метода.

Кроме того, перспективы развития метода ЭИЛ связаны и с созданием технологического оборудования, комплекса технологической оснастки, расширяющего области применения метода. Например, применение сварочного инверторного блока питания в установке ЭИЛ позволяет создать комплекс для комбинированной обработки (ЭИЛ + наплавка) и улучшить стабильность работы генератора импульсов технологического тока наряду с уменьшением массы и габаритных размеров установки.

Эффективной представляется комбинированная обработка, основанная на сочетании ЭИЛ с различными методами нанесения покрытий, такими как: химико-термическая обработка (ХТО), гальванические покрытия, покрытия, нанесенные газоплазменным и плазменным методами, ионно-плазменным напылением, лазерной обработкой, выглаживанием и др. [4-12].

Большое значение в научно-исследовательском и практическом плане имеет механизация процесса ЭИЛ как переходный этап к автоматизации, позволяющая расширить технологические воз-

возможности этого способа, более объективно оценивать влияние электромеханических параметров установок на характеристики процесса и ранжировать их по степени значимости.

Области целесообразного применения электроискрового упрочнения (легирования) достаточно многообразны. Привлекательность этого метода обусловлена его универсальностью, технологической надежностью, стабильностью результатов, локальностью, отсутствием объемного нагрева и коробления, автоматизацией и встраиваемостью в технологический цикл производства.

В вышеприведенном изложении показаны далеко не все современные упрочняющие технологии, которые целесообразно применять в производстве, а назначенные режимы строго соблюдать. Только тогда возможно получить ожидаемые результаты.

Литература.

1. Гадалов, В.Н. Новые материалы, прогрессивные ресурсосберегающие технологии в машиностроении / В.Н. Гадалов, С.Г. Емельянов // *Материалы и упрочняющие технологии – 2008: сб. матер. XV Рос. научно-техн. конф. с межд. участием.* Курск, 2008. Ч1. С. 9-26.
2. Сафонов, А.Н. Повышение стойкости инструмента из быстрорежущей стали методом лазерной обработки / А.Н. Сафонов, Н.Ф. Зеленцова, Е.А. Сиденков [и др.] // *СТИН.* 1995. №6. С. 17-20.
3. Чудина, О.В. Комбинированные методы поверхностного упрочнения стали с применением лазерного нагрева: теория и технология – М.: МАДИ (ГТУ). 2003. 248 с.
4. Павлов, Е.В. Лазерная обработка как способ повышения эксплуатационных свойств электроакустических защитных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой межд. научно-техн. конф.* Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 370-374.
5. Павлов, Е.В. Исследование технологии упрочнения коленчатых валов с применением лазерной обработки / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой межд. научно-техн. конф.* Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 374-377.
6. Павлов, Е.В. Улучшение качества электрофизических покрытий при ротационном выглаживании минералокерамическим инструментом / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VI межд. научно-техн. конф.:* в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 35-41.
7. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов межд. научно-практ. конф.:* в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.
8. Павлов, И.В. Вопросы оценки качества поверхности электрофизического покрытия после выглаживания минералокерамикой / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов межд. научно-практич. конф.:* в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 176-178.
9. Павлов, И.В. Вопросы ионно-вакуумной модификации поверхностных слоев / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов межд. научно-практич. конф.:* в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 178-181.
10. Лукша, О.Г. Влияние электроискрового легирования на стойкость холодноштамповочного инструмента / О.Г. Лукша, К.М. Машкоук, А.В. Напалков, С.А. Агапов // *Металлообработка.* 2002. №6(12) С. 28-30.
11. Павлов, Е.В. Упрочнение и повышение режущих свойств минералокерамического инструмента при ионно-плазменном нанесении композиционных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VI межд. научно-техн. конф.:* в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 31-35.
12. Павлов, Е.В. Повышение долговечности изделий с износостойкими покрытиями посредством финишной обработки поверхностного слоя / Е.В Павлов, И.В. Павлов, И.Н. Родионова // *Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: материалы II межд. научно-практ. конф.* Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2011. – С. 298-303.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

Эффективным средством повышения работоспособности режущего инструмента является нанесение износостойких покрытий, полученных методом конденсации вещества в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ). Для нанесения покрытий TiN в работе использовался метод КИБ [1].

Метод КИБ обеспечивает: высокое качество покрытий; повышение долговечности инструмента, деталей машин, декоративных элементов и других изделий; экономию дефицитных материалов; увеличение производительности, улучшение условий труда; отсутствие экологических проблем.

Для его реализации служат установки «Булат». Установки предназначены для плазменно-вакуумного нанесения износостойких покрытий из металлов и их соединений (нитридов, карбидов, оксидов, сульфидов) на рабочие поверхности металлообрабатывающего инструмента и деталей машин.

В основе КИБ лежит генерация потока вещества из катодных пятен вакуумной дуги сильно-точного низковольтного разряда в парах материала катода. Анодом служит корпус установки или специальная деталь (в установках с плазменным ускорителем). Поток частиц (атомов, ионов и мелких капель) конденсируется на поверхности детали, образуя при введении в камеру химически активного газа соответствующее химическое соединение.

При КИБ нагрев осуществляется высокоэнергетическими ионами распыляемого металла (порядка 1 КэВ). При этом происходит также и очистка поверхностей от оксидных плёнок и загрязнений, активация поверхности и создание переходного слоя за счет конденсации части ионов металла.

Процесс нанесения покрытий осуществляется при КИБ из потока ионов, нейтральных атомов и капель металла. Ионы металла, генерируемые катодными пятнами с энергией в несколько десятков электрон-вольт ускоряются в электрическом поле в результате приложения к деталям или образцам отрицательного потенциала смещения (100...200 В). Молекулы реакционно-способного газа, вводимого в камеру, частично диссоциируют и ионизируются. Химическая реакция взаимодействия газа с металлом происходит на поверхности конденсации и в пространстве между катодом и деталью.

Рассматриваемый метод включает в себя два основных этапа:

- 1) очистка, нагрев и активация поверхности инструмента (подложки) бомбардировкой ионами осаждаемого материала, ускоренными до энергии требуемой величины;
- 2) последующее осаждение покрытия при непрерывной ионной бомбардировке конденсата в режиме, обеспечивающем оптимальные условия формирования покрытия с необходимыми служебными характеристиками.

Поступающий на упрочнение инструмент, детали необходимо до загрузки в камеру установки очищать от окисных, жировых пленок и загрязнителей, полируя и промывая их в реактивах. Эффект очистки значительно возрастает при использовании ультразвука. Очистка от загрязнений проводится в ультразвуковой ванне модели УЗУ-0,25 в пожаробезопасной моющей жидкости ТМС типа «Полянка», «Вертолин» и др. с последующей протиркой этиловым спиртом. Затем детали загружаются в рабочую камеру для ведения технологического процесса.

Недопустима загрузка в рабочую камеру установки деталей с остатками окисных пленок после термообработки, а также напаянного инструмента содержащего в припое цинк. Упрочняемый инструмент в одной загрузке должен быть однотипным по конструкции, сечению и материалу. Полностью подготовленный к загрузке инструмент можно хранить в специальной таре с поглотителем влаги (не более 8 час). После загрузки в рабочей камере создается вакуум и подается азот.

На свойства покрытий отрицательно влияет присутствие в камере воздуха с содержанием кислорода порядка $2 \cdot 10^6$, даже при давлении 10^{-6} Па. Дополнительным источником кислорода в камере является его десорбция деталями рабочей камеры установки. Для удаления воздуха из рабочей камеры, её перед откачкой воздуха продувают аргоном.

При нанесении покрытий из нитрида титана необходимо применять титановый катод чистотой не менее 99,5%, а также азот чистотой 99,999%. Подача азота в камеру ведётся из баллона с низким давлением $1 \cdot 10^{-1} \dots 10 \cdot 10^{-3}$ Па.

Повышение давления реакционного газа (азота) приводит к снижению скорости роста слоя покрытия. Очистку поверхности инструмента рекомендуется начинать при достижении в рабочей камере установки вакуума $1 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^{-5}$ Па.

В установках типа «Булат» при определенных напряжениях в вакууме рабочей камеры между электродами (катодом из титана и инструментом-анодом) происходит пробой, и вакуум превращается в проводник. Это связано с процессом перехода некоторой доли материалов электродов в газовую фазу и их ионизацией. При этом у катода возникает плазма с температурой несколько тысяч градусов. Плазменный поток, пересекая электродное пространство со скоростью $10^5 \dots 10^6$ м/с, производит интенсивную бомбардировку поверхности инструмента. Время формирования плазменного канала между электродами составляет $10^{-8} \dots 10^{-9}$ с. Металлическая плазма, генерируемая вакуумно-дуговыми ускорителями на установке «Булат» с холодным катодом, имеет степень ионизации от 80 до 100%.

В процессе очистки бомбардируемыми частицами (ионами и электронами) происходит удаление газов и нагрев поверхности инструмента, являющегося объектом упрочнения. Разрушение поверхности пленок на поверхности инструмента (очистка) ионизированными частицами идет равномерно. Сначала удаляются атомы, имеющие наиболее слабые связи с поверхностью. Ионы, бомбардирующие поверхность анода, благодаря сжимающей способности электронной оболочки внедряются в поверхностный слой инструмента, смещают атомы кристаллической решетки из равновесного положения и при наличии достаточной энергии способствуют образованию вторичных электронов, которые также участвуют в разрушении химических и сорбционных связей в оксидных пленках на поверхности инструмента. Ионная бомбардировка позволяет получить атомно чистую поверхность с высокой сорбционной активностью.

В процессе очистки полностью растравливаются (распыляются) поверхностные слои упрочняемого инструмента. Нагревание до $560 \dots 600^\circ\text{C}$ способствует усилению диффузионных процессов на границе композита. Все вышесказанное обеспечивает высокую адгезию покрытия от 1,5 до 2,0 МПа к поверхности инструмента.

Как показывает опыт, наибольшее влияние на процесс очистки оказывают плотность тока, давление и температура, так с увеличением температуры подложки в доступных пределах режущие и др. свойства снижаются, а увеличение напряжения, соответственно, их улучшает.

Процесс синтеза материала покрытия из нитрида титана, из частиц металла (титана) и неметалла (азота) происходит вследствие реакции титана и азота [2].

Образование молекул из атомов происходит за счет электростатических сил (взаимного притяжения частиц с разноименными зарядами), так и за счет сил квантовомеханического характера (донорно-акцепторного обмена электронами). Находясь в газообразном состоянии, молекулы (агрегаты молекул) первоначально адсорбируются на поверхность инструмента, имеющего меньшую температуру, а затем конденсируются, переходя в твердое состояние, то есть в покрытие. При этом процессы адсорбции и конденсации предшествуют адгезии, непосредственно влияя на адгезионную прочность. Наибольшее влияние на свойства инструмента оказывают ток напыления, время напыления, давление газа, энергия очистки.

Разогрев инструмента или деталей производится в неподвижном состоянии катодом, располагаемым против хвостовиков инструмента, что обеспечивает равномерный прогрев инструмента по всей длине. Контроль температуры осуществляется с помощью радиационного пирометра «Смотрич» с пределами измерения $300 \dots 700^\circ\text{C}$.

Технологические свойства износостойкого покрытия контролируются тремя параметрами: твердостью - микротвердомером ПМТ-3; толщиной - прибором МТ-41НЦ и прочностью покрытия, определяемой визуально – по наличию отслаивания покрытия или склерометрическим методом [3].

Оптимальные режимы нанесения покрытий из нитрида титана на композиционный инструмент из стали Р6М5 на пластины из твердых сплавов ВК6, ВК8 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Давление азота, Па	Напряжение на подложке в процессе осаждения ($U_{оп}$, В)	Потенциал ионной бомбардировки ($U_{иБ}$, В)	Время ионной бомбардировки поверхности ($\tau_{иБ}$, с)	Расстояние от катода до подложки (L, м)	Температура нагрева (T, °K)
$1 \cdot 10^{-2} - 3,8 \cdot 10^{-3}$	110	830	~2000	0,2 - 0,3	820

Окончание очистки контролируется по отсутствию микродуг. Толщина покрытия составляет 4–6 мкм, микротвердость находится в пределах $(2,5...2,7) \cdot 10^4$ Н/мм², отслаивание материала не наблюдалось.

На рис. 1 представлена микроструктура износостойкого покрытия TiN на стали Р6М5 ($\times 1600$) с характерным «белым» слоем.

Упрочнение инструмента нитридом титана позволяло повысить его стойкость в 1,5-1,8 раза при обработке сплава ВТ20 со скоростью резания 80 м/мин.

При упрочнении инструмента методом ионно-вакуумной плазменной обработки обеспечивается чистота процесса, безотходность, экологическая безопасность.

Настоящий метод за счет его высокой технологичности позволяет наносить композиционные и многослойные покрытия различных составов на основе карбидов и нитридов металлов на конструкционные и инструментальные материалы при увеличении их стойкости от 2 до 5 раз [1].

В последнее время объемная доля инструментального материала, упрочняемая нанесением износостойких покрытий на ионно-плазменных установках типа «Булат», непрерывно возрастает. Влияние основных параметров процесса изучено достаточно хорошо. Однако выбрать оптимальный режим упрочнения только на основе априорной информации не представляется возможным, так как параметры процесса КИБ во многом носят случайный характер. Все выше сказанное предопределяет необходимость оптимизации этих параметров на базе статистических признаков.

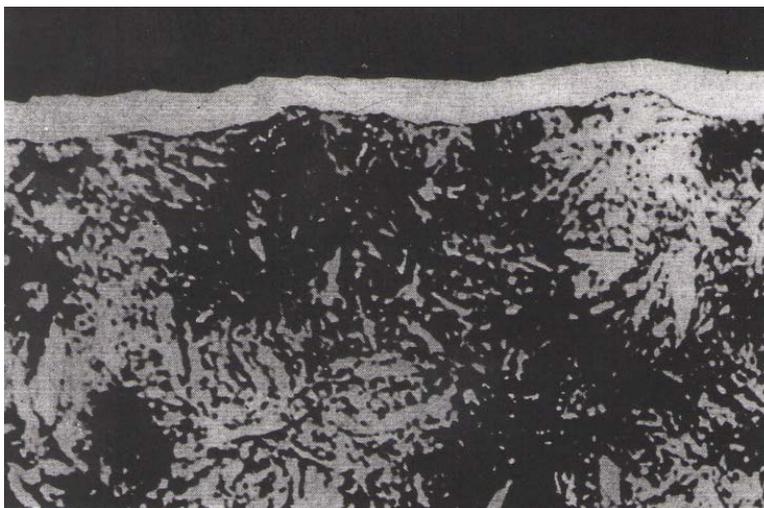


Рис. 1. Микроструктура износостойкого покрытия TiN на стали Р6М5 ($\times 1600$)

В настоящей работе для определения оптимальных режимов нанесения износостойкого покрытия из нитрида и карбонитрида титана на твердосплавные пластины ВК6, ВК8 резцов для продольного точения серого чугуна был поставлен многофакторный эксперимент. Износостойкость инструмента, как параметр оптимизации, определялась по количеству обработанных деталей при достаточной для определения среднего значения и коэффициента вариации партии инструмента. Использовалась стандартная методика обработки данных.

Наибольшее влияние среди большого количества факторов на износостойкость резцов с покрытием из карбонитрида титана оказывает величина опорного напряжения, ток дуги испарителя и время нанесения покрытия при постоянном давлении азота в камере, температура подложки и величина тока в катушке испарителя. Планирование многофакторного эксперимента и обработка данных осуществлялись на основе композиционных униформ-ротабельных планов второго порядка, реализованных на ПЭВМ. Использование даже обычной линейной модели в многофакторном эксперименте позволяет существенно повысить стойкость инструмента [4-10].

В табл.2 показаны пределы варьирования пяти основных параметров процесса КИБ. Для описания области варьирования использовали ортогональный композиционный план, исключаяющий полуреплику 2^{5-1} , опыты в центре эксперимента и в «звездных» точках.

Таблица 2

Фактор	Уровень варьируемых факторов				
	$P \cdot 10^{-3}$, Па	U_{OP} , В	$U_{ИБ}$, В	$\tau_{ИБ}$, мин	L , мм
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Основной (0)	470	90	900	2,5	240
Верхний (+1)	735	120	1200	4,0	260
Нижний (-1)	200	60	600	1,0	220
«Звездные» точки:					
Верхняя (+1,547)	870	136	1360	4,8	271
Нижняя (-1,547)	67	44	440	0,2	209

Расчеты по матрице планирования для операций точения чугуна и жаропрочного сплава ХН77ТЮР представлены в виде уравнения регрессии:

- при точении чугуна (НВ 240)

$$Y_1 = 1,88 + 0,16Z_4 - 0,22Z_1Z_2 + 0,26Z_1Z_5 - 0,13Z_2Z_3 + 0,18Z_2Z_4 + 0,13Z_3Z_4 + 0,12Z_3Z_5 - 0,10Z_2^2 - 0,08Z_3^2 - 0,25Z_4^2 - 0,09Z_5^2;$$

- при точении сплава ХН77ТЮНР

$$Y_2 = 1,30 - 0,12Z_1 - 0,08Z_1Z_3 + 0,1Z_1Z_4 + 0,08Z_1Z_5 - 0,11Z_2Z_5 - 0,11Z_3Z_4 + 0,11Z_1^3.$$

Уравнения регрессии свидетельствуют о сильном влиянии технологических параметров процесса КИБ на формирование покрытий и работоспособность пластинок из твёрдого сплава. На основе уравнений регрессии были рассчитаны оптимальные значения параметров процесса КИБ, представленные в табл. 3

Из анализа данных табл. 2 следует, что значения технологических параметров процесса КИБ для выбранных условий находятся внутри предварительно заданных интервалов (см. табл. 1) и достаточно близко к центру этих интервалов.

Таблица 3

Операция	$P \cdot 10^{-3}$, Па	U_{OP} , В	$U_{ИБ}$, В	$\tau_{ИБ}$, мин	L , мм
Точение чугуна (НВ 240)	507	93	870	2,8	243
Точение сплава ХН77ТЮР	470	97	1000	3,2	244
Область допустимых значений параметров процесса КИБ	470-600	90-120	850-1000	2,5-3,5	240-250

Таким образом, можно утверждать о существовании оптимальных интервалов значений технологических параметров процесса КИБ, существенно более узких, чем выбранные интервалы их варьирования. Контрольные исследования в различных точках области оптимальных значений технологических параметров показали, что во всех случаях коэффициент повышения стойкости твердосплавных пластинок с покрытием из нитрида титана близок к максимальному значению.

При конденсации покрытий на основе нитридов тугоплавких металлов в качестве реакционно-го газа использовался азот, имеющий широкую область гомогенности с большинством металлов. Эта особенность даст возможность, изменяя парциальное давление азота, воздействовать на структуру и свойства покрытий.

С увеличением парциального давления при максимальной твёрдости покрытий структура характеризуется высоким уровнем микронапряжений и плотности дислокаций $(3-4) \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. При увеличении давления азота до $1300 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ уменьшается величина микронапряжений, повышается пластичность при достаточно высокой твердости. В области невысоких парциальных давлений $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ свойства покрытий резко уменьшаются. Резко уменьшается твёрдость, возникают микропористость и микротрещины, в составе покрытий растёт доля α - и β -титановых фаз, которые повышают адгезионное взаимодействие покрытий с обрабатываемым материалом.

Проведенные комплексные металлографические исследования структуры и свойств покрытий на основе нитридных соединений позволили сделать заключение, что наиболее качественные покрытия (обладающие высокой твёрдостью и микротвёрдостью фазовых составляющих, гомогенной структурой, низкой пористостью, минимальным количеством капельной фазы) получают при давлении в реакционной камере $(532-798) \cdot 10^{-3} \text{ Па}$.

Возможность оптимизации процесса КИБ для конкретных условий указывает на необходимость жесткой регламентации параметров и управления ими на базе математических моделей процесса КИБ, что позволит существенно повысить качество покрытий на режущий инструмент.

Например, при оптимизации технологическим параметром процесса КИБ варьируемым фактором может быть выбрана скорость изнашивания инструмента J , определяемая через 15 мин работы. Фиксируемыми факторами будут: p – давление азота в вакуумной камере, МПа; $U_{\text{оп}}$ – опорное напряжение на режущем инструменте в процессе конденсации покрытия, В; $I_{\text{д}}$ – сила тока дуги, А; τ – время осаждения покрытия, мин.

За основу в этом случае принимается следующая модель: $J = C_q p^{X_q} U_{\text{оп}}^{Y_q} I_{\text{д}}^{Z_q} \tau^{M_q}$,

где X_q, Y_q, Z_q, M_q – степенные показатели, учитывающие степень влияния факторов $p, U_{\text{оп}}, I_{\text{д}}, \tau$ на скорость изнашивания; C_q – постоянная.

Для обработки технологических режимов процесса КИБ наиболее информативным является метод измерения малых величин износа по потокам микрочастиц, выделяющихся из зоны трения фрикционных пар.

При технологических режимах нанесения покрытия, основанных на априорной информации, стойкость инструмента с покрытием повысилась в 1,5–1,8 раза по сравнению с ненапыляемым. При этом стойкость инструмента после оптимизации технологических параметров процесса КИБ с использованием моделирования стала в 2,2–2,5 раза выше.

Литература.

1. Гадалов, В.Н. Применение тонкопленочных покрытий для повышения стойкости режущего инструмента / В.Н. Гадалов, Ю.В. Болдырев, Д.Н. Романенко [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. №5. – С. 22-25.
2. Гадалов, В.Н. Покрытия для твердосплавных режущих инструментов с повышенной износостойкостью / В.Н. Гадалов, А.Г. Лотырев, Во Тхань Бак // Материалы и упрочняющие технологии – 97. Курск: КурскГТУ. 1997. – С. 43-45.
3. Гадалов, В.Н. Применение метода склерометрии для оценки износостойкости композиционного материала с электрофизическими покрытиями при абразивном изнашивании / В.Н. Гадалов, И.В. Павлов, В.В. Ванев [и др.] // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы IV Межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч. 2. Курск: КурскГТУ. 2006. – С. 240 – 249.
4. Павлов, Е.В. Упрочнение и повышение режущих свойств минералокерамического инструмента при ионно-плазменном нанесении композиционных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 31-35.
5. Павлов, Е.В. Улучшение качества электрофизических покрытий при ротационном выглаживании минералокерамическим инструментом / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 35-41.
6. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.
7. Павлов, И.В. Вопросы оценки качества поверхности электрофизического покрытия после выглаживания минералокерамикой / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 176-178.
8. Павлов, И.В. Вопросы ионно-вакуумной модификации поверхностных слоев / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 178-181.
9. Павлов, Е.В. Лазерная обработка как способ повышения эксплуатационных свойств электроакустических защитных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 370-374.
10. Павлов, Е.В. Исследование технологии упрочнения коленчатых валов с применением лазерной обработки / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 374-377.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

В создании инструментальных материалов, обеспечивающих комплекс заданных свойств, в настоящее время и в будущем лежит идея композиционности, которая решается путем создания минералокерамических материалов с нанесенными износостойкими покрытиями. В рамках данной проблемы одной из главных задач является создание таких материалов, которые обеспечивают в процессе эксплуатации, в экстремальных условиях, релаксацию возникающих напряжений и не дают реализовываться хрупкому разрушению.

Исследования минералокерамики при обработке серого и легированного чугунов, проведенные в нашей работе [1], показали, что причиной выхода из строя неперетачивающихся режущих пластин из минералокерамики является хрупкое разрушение режущего клина и износ по передней и задней поверхностям.

Хрупкое разрушение характерно при резании с ударными нагрузками, при характерном врезании инструмента, наличии в обрабатываемом материале твердых включений, раковин, пор. Большой вклад в хрупкое разрушение вносят дефекты поверхности самих пластин, полученные при их изготовлении. Это микро- и макропоры, микротрещины, инородные включения, возникающие при прессовании и спекании, а также дефекты, являющиеся результатом последующего шлифования поверхностей: выкрашивание режущих кромок, вырывы блоков матричного материала, микротрещины, мелкие и глубокие царапины.

Во всех других вариантах преобладал износ пластин, основными причинами которого были термическая деструкция, разупрочнение поверхностных слоев, вызванное направленной высокотемпературной диффузией атомов основы из обрабатываемого материала в минералокерамику, что предопределяло образование фаз с низкой теплостойкостью и высокой адгезией к обрабатываемому материалу.

Анализ литературы с учетом собственных исследований и вышеперечисленного позволяет рекомендовать для повышения надежности работы и стойкости минералокерамических режущих пластин разрабатывать научные разработки в направлении упрочнения рабочего поверхностного слоя, в сторону разгрузки режущей кромки в тепловом отношении, за счет уменьшения количества выделяемого тепла и улучшения его отвода от режущих кромок, повышения демпфирующей способности пластинок.

Для увеличения демпфирующей способности предлагается использовать поверхностные слои с повышенной способностью поглощать энергию ударов. Повышение прочности поверхностных слоев должно решаться за счет залечивания таких дефектов поверхности, как поры, раковины, микротрещины, а также снижения шероховатости путем уменьшения влияния концентраторов напряжений. Все это приводит к уменьшению работы трения и, как следствие, решает вторую из поставленных задач, а именно улучшение отвода тепла за счет создания на поверхности пластинок (слоев) с повышенной теплопроводностью.

На основании изложенного выше представлена иерархическая структурная модель поверхностных слоев минералокерамики. Она включает в себя:

- поверхностный слой, обеспечивающий плавный переход по свойствам от материала пластинки к первому слою материала покрытия, а именно переходный слой, отводящий тепло из зоны резания;

- демпфирующий слой;

- слой с высокой износостойкостью и незначительной шероховатостью поверхности, с отсутствием сродства к обрабатываемому материалу.

С целью реализации такой трехуровневой иерархической структуры (модели) композиционного поверхностного слоя разработан комбинированный технологический процесс ионно-вакуумной модификации поверхности, представляющий собой технологический модуль, включающий в себя такие методы вакуумной ионно-плазменной обработки [2], как:

1. ионно-вакуумное осаждение - для создания перечисленных функций слоев;
2. ионная имплантация - для получения переходного слоя;

3. ионное перемешивание - для создания переходных зон между функциональными слоями и повышения качества покрытия в целом.

В связи с вышеизложенным возможности ионной модификации поверхностных слоев минералокерамики нам представляются в совершенствовании ионно-плазменной технологии, что позволит гибко управлять стехиометрией и структурой наносимых покрытий, при разработке комбинированных вакуумных ионно-плазменных технологий нанесения покрытий и модифицирования поверхностных слоев, которые совмещают ионное осаждение и легирование соответственно.

Большой эффект дает одновременное осаждение покрытия и активация поверхности ионным пучком.

Все вакуумные ионно-плазменные методы нанесения покрытий могут включать в себя как физические (состав наносимого материала не изменяется), так и химические процессы (образуются новые соединения). При использовании методов, называемых реактивными, происходят плазмохимические реакции с ионами рабочего газа или специально вводимыми в камеру добавками. Таким образом, можно получать покрытия из разнообразных материалов и в различных комбинациях [3-8].

Для создания износостойких покрытий реактивными методами наиболее эффективными базовыми металлами являются хром, титан, алюминий. Из металлоидов, образующих с этими металлами твердые химические соединения, наиболее подходят азот, кислород и углерод (в виде летучих соединений). В качестве легирующих элементов могут применяться d-переходные металлы: алюминий, кремний, кобальт, и многие другие элементы.

Наиболее перспективным материалом для нанесения реактивными методами износостойких покрытий является хром из-за высокой упругости его паров. Применяются покрытия из чистого хрома (точнее, легированного незначительным количеством элементов остаточной атмосферы вакуумной камеры).

Оптимальным комплексом свойств при трении в вакууме и на воздухе при высоких температурах (до 873°K) обладают покрытия Cr-O. В отличие от электрофизических хромовых покрытий, вакуумные покрытия не имеют трещин, и в них действуют остаточные напряжения первого рода сжатия. Существенное влияние на износостойкость покрытий, на значение и на знак остаточных напряжений оказывают парциальное давление кислорода и температура подложки в процессе нанесения покрытия. Увеличение парциального давления кислорода приводит к уменьшению остаточных напряжений сжатия с последующим превращением в напряжения растяжения и увеличением износа. При парциальном давлении O₂, равном $4,2 \cdot 10^{-3}$ Па, напряжения становятся столь большими, что покрытия, имеющие стехиометрический состав, растрескиваются. Наибольшей износостойкостью обладают покрытия Cr-O, наносимые при давлении кислорода $1,6 \cdot 10^{-3}$ Па и температуре подложки 873°K.

Таким образом, имеется корреляция между режимами нанесения покрытий системы Cr-O, фазовым составом и структурой, значением и знаком остаточных напряжений первого рода и триботехническими свойствами.

Авторами разработан алгоритм подбора материалов функциональных модифицированных слоев поверхности. Используя его, были предложены следующие составы композиционных покрытий для минералокерамики ВOK60 и ВOK71, применяемых при точении чугунов СЧ-20 и легированного хромистого типа ИЧХ15М:

1. Cr-(Ti-Al-O-N);
2. Cu-(Ti-Al-O-N);
3. Cu-(Cu-Al-O-N);
4. Cu-Cr(Cu-Al-O-N) и др.

Пути дальнейшего совершенствования композиционных (гибридных) покрытий видятся в проектировании автоматизированной системы управления установок, реализующих реактивное электронно-плазменное напыление (РЭП) на установках ЭПН-3, ЭПН-12 в двух типах функций: информационной и управляющей. РЭП основано на том, что испаряется материал анода, нагреваемый электронами, эмитируемыми нагретым катодом. Испаряемый металл частично ионизируется, и ионы ускоряются по направлению к обрабатываемой детали. Капельная фаза отсутствует. При использовании РЭП покрытие образуется в результате конденсации ускоренных ионов и нейтральных атомов с тепловой энергией до 1 эВ. Химическое взаимодействие с активным газом происходит как на поверхности конденсации, так и в пролетном промежутке.

В общем случае такие автоматизированные системы управления технологическими процессами требуют двух элементов разработки:

1. программного и информационного обеспечения технологического процесса;
2. технических средств автоматизации систем технологических установок.

В целом оборудование, техпроцесс, а также материал ионно-модифицированных слоев должны иметь необходимое алгоритмическое сопровождение, ориентированное на применение микро-процессорной и компьютерной техники различного уровня для решения как технологических, так и металлургических задач. Намечается движение в направлении создания «многозонных» покрытий, обеспечивающих в каждой из рабочих зон минералоинструмента необходимый набор свойств.

Главное – создание нового поколения интеллектуальных технологических модулей, обеспечивающих реализацию получения многофункциональных композиционных покрытий, придания им антифрикционных, износостойких и коррозионно-стойких свойств, которые всегда были и остаются перспективным направлением в машиностроении. Целесообразность выше предложенного определяется из соотношения эффект/цена.

Литература.

1. Гадалов, В.Н. Разработка и исследование минералокерамики при обработке серого и специального чугуна / В.Н. Гадалов, Е.В. Павлов, И.В. Павлов // *Материалы и упрочняющие технологии: сб. матер. X юбилейной Росс. науч.-техн. конф. с междунар. уч-ем, посвященной 40-летию образования Курского государственного технического университета*. Курск. 2003. Ч.1. – С. 76-84.
2. Семенов, А.П. Упрочнение материалов вакуумными ионно-плазменными методами: справочник / А.П. Семенов // *Инженерный журнал*. 2000. № 1. – С. 3-8.
3. Павлов, Е.В. Улучшение качества электрофизических покрытий при ротационном выглаживании минералокерамическим инструментом / Е.В. Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI между. научно-техн. конф.*: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 35-41.
4. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В. Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.*: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.
5. Павлов, И.В. Вопросы оценки качества поверхности электрофизического покрытия после выглаживания минералокерамикой / И.В. Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.*: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 176-178.
6. Павлов, Е.В. Упрочнение и повышение режущих свойств минералокерамического инструмента при ионно-плазменном нанесении композиционных покрытий / Е.В. Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI между. научно-техн. конф.*: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 31-35.
7. Павлов, Е.В. Лазерная обработка как способ повышения эксплуатационных свойств электроакустических защитных покрытий / Е.В. Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф.* Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 370-374.
8. Павлов, Е.В. Исследование технологии упрочнения коленчатых валов с применением лазерной обработки / Е.В. Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф.* Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 374-377.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ ПОКРЫТИЙ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЕЙ В КИСЛЫХ СРЕДАХ*

Ю.Н. Сараев¹, д.т.н., профессор, В.П. Безбородов^{1,2}, к.т.н., доцент, Ю.В. Селиванов¹, инженер

*¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634055, Томск, пр. Академический, 2/4, тел. 8(3822)-286850*

*²Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. 8(3822)-419559*

Введение

Метод наплавки позволяет повышать производительность и качество изделий благодаря упрочнению и восстановлению изношенных рабочих поверхностей, контактирующих с коррозионно-активными средами [1]. Однако этот метод сопровождается появлением в покрытиях различных дефектов. Рост глубины оплавления приводит к увеличению области сенсбилизации, а недостаточное оплавление ведёт к несплавлениям формируемого покрытия с защищаемой поверхностью [2]. Необходимо проведение поиска новых путей решения проблем устранения возникающих недостатков.

При наплавке вследствие действия источника нагрева - электрической дуги происходит расплавление покрытого электрода и частичное оплавление обрабатываемой поверхности. На ней формируется наплавочная ванна, и по мере перемещения источника нагрева относительно поверхности происходит кристаллизация расплавленного металла в виде напавленного валика, геометрические размеры которого, во многом, определяются процессами, протекающими в этой ванне.

При наплавке на импульсном режиме диаграмма изменения сварочного тока (рисунок 1) существенно отличается от диаграммы с использованием постоянного тока.

Реализация при наплавке этой диаграммы позволяет осуществить периодизацию физических процессов, протекающих в сварочной ванне. В результате действия переменного давления дуги при формировании наплавляемого покрытия металл наплавочной ванны осуществляет возвратно - поступательные движения [3-5]. Такое протекание технологического процесса наплавки позволяет обеспечить цикличность физических процессов на этапах формирования наплавочной ванны и кристаллизации металла из расплава, что способствует активному ее перемешиванию. При этом активное перемешивание сварочной ванны содействует выравниванию её теплосодержания и обеспечивает установление требуемого количества расплавленного металла под дугой к началу действия импульса тока, способствуя уменьшению глубины оплавления. Анализ факторов, влияющих на формирование напавленного покрытия, показывает, что их можно разделить на две группы. Первая группа выражается показателем, который в процессе наплавки изменить нельзя, - пространственным положением защищаемой поверхности. Вторая группа связана с параметрами режима наплавки, которые можно изменять в ходе технологического процесса. При этом появляется возможность изменять геометрические размеры наплавляемого покрытия: высоту и ширину валика покрытия. Новые возможности по управлению параметрами второй группы факторов заложены в способе наплавки покрытия модулированным током. В этом случае появляется и больше возможностей управлять изменением геометрических размеров наплавляемого покрытия, чем при наплавке постоянным током с ограниченным количеством регулируемых параметров режима.

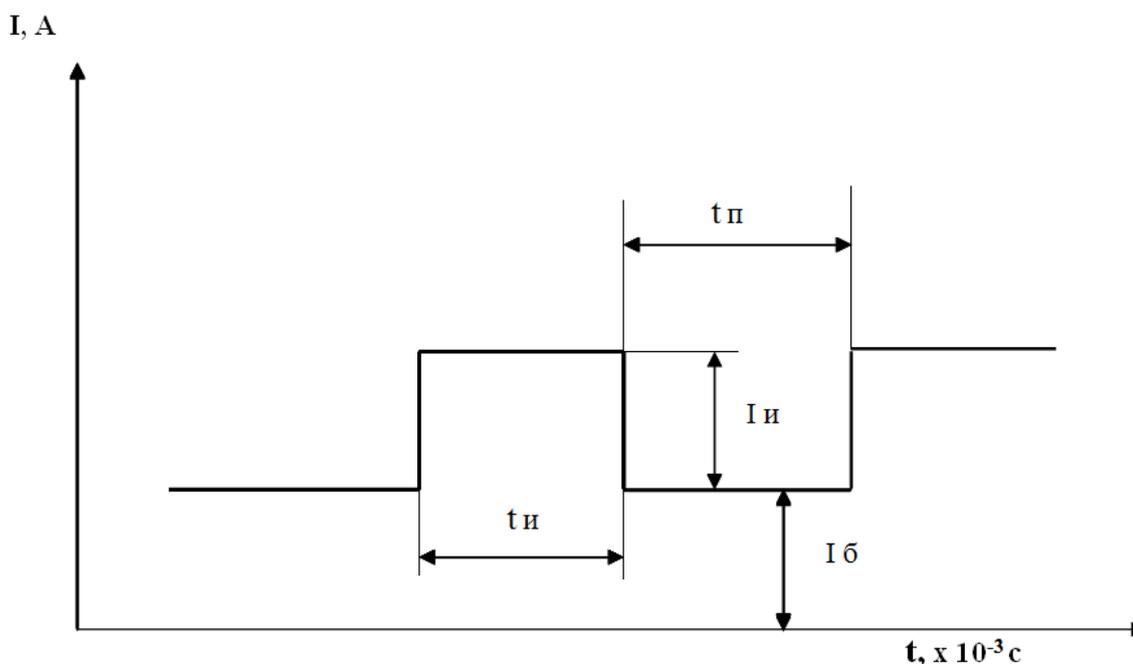


Рис. 1. Схема изменения силы тока наплавки: $I_и$ - рабочий ток импульса; $I_б$ - базовый ток; $t_и$ - время рабочего импульса; $t_п$ - время паузы.

Дополнительные регулировочные параметры - амплитуда колебаний тока импульса и паузы, их длительность, частота следования позволяют управлять размерами наплавочной ванны, изменять характер плавления и переноса металла, что способствует повышению стабильности формирования наплавляемого покрытия. При этом силы, действующие в наплавочной ванне, периодически изменя-

ются от максимальных (на интервале импульса) до минимальных значений (на интервале паузы), что обеспечивает возвратно - поступательное движение расплавленного металла.

Таким образом, движением металла в наплавочной ванне можно эффективно управлять варьированием силой тока наплавки на интервале импульса. При этом с увеличением силы тока импульса увеличивается давление дуги. В результате этого расплавленный металл более активно вытесняется из под дуги в хвостовую часть наплавочной ванны. На интервале паузы при уменьшении давления дуги пропорционально величине силы тока паузы сварочная ванна стремится вернуться под дугу. Это способствует активному периодическому движению металла в сварочной ванне, выравниванию ее теплосодержания и более равномерному распределению легирующих элементов по всему объему наплавляемого металла. Изменяя параметры процесса наплавки непосредственно в её ходе, можно влиять на геометрические размеры формируемого покрытия: кривизну поверхности, высоту и ширину валика.

Коррозионные испытания сталей, используемых для изготовления оборудования, работающего в условиях применения кислых сред, были инициированы возникшей необходимостью замены выходящих из строя фрагментов и продления тем самым срока службы оборудования в целом. Особенно сильно подвержены коррозионным процессам сварные соединения стенок этих агрегатов, изготовленные из нержавеющей сталей. До настоящего времени в промышленности используются изделия технологического оборудования со сварными соединениями, полученными ручной дуговой сваркой плавящимися электродами и механизированной сваркой. При реализации указанных процессов перенос наплавляемого металла осуществляется сериями коротких замыканий. При этом отделение капли расплавленного металла с торца электрода и ее перенос в сварочную ванну происходит при высоком уровне сварочного тока. Это обуславливает нестабильность процессов в дуговом промежутке и повышенное разбрызгивание электродного металла, что, в конечном счете, ухудшает эксплуатационные свойства сварных соединений. Практика показала, что в процессе длительной эксплуатации указанного оборудования, работающего в активных кислых средах, коррозионный износ металла составляет около 0,1 мм/год. Коррозионные же разрушения сварных соединений достигают 4 - 5 мм/год. Они, как правило, выражены в виде опасной разновидности межкристаллитной коррозии - ножевой, наблюдаемой в ЗТВ основного металла и металле сварного шва. В некоторых случаях коррозия приводит к сквозному разрушению стенки агрегатов. В настоящее время восстановление работоспособности поврежденных сварных соединений сталей на действующем оборудовании производится ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом. Восстановительный ремонт поврежденных коррозией участков сварных соединений заключается в нанесении на них способом наплавки защитного покрытия. Этот технологический процесс сопровождается большим тепловложением в зону сварного соединения, снижает защитный эффект от нанесения наплавленного покрытия, способствует проявлению коррозионных разрушений в этой зоне – ножевой коррозии.

С целью повышения эксплуатационных свойств сварных соединений сталей в работе был использован метод импульсно - дуговой наплавки на сварное соединение. Известно, что данный метод наплавки резко снижает тепловложение в зону сварного соединения, влияет на структуру и свойства сварных соединений из различных сталей [6-8]. Однако в литературе отсутствуют данные о структуре металлов наплавленного покрытия и сварного соединения из нержавеющей сталей и их коррозионных свойствах в азотнокислых средах.

Целью данной работы является проведение анализа влияния используемых технологических приемов и импульсного метода нанесения покрытий для повышения коррозионной стойкости сварных соединений из нержавеющей сталей в азотнокислых средах.

Материалы и методика исследования

Для проведения исследований были изготовлены сварные соединения пластин из листового проката стали аустенитного класса 12X18H10T размерами 300×150×10 мм. Формирование сварных соединений осуществлялось методом ручной дуговой сварки электродами ОЗЛ - 36 диаметром 3 мм в три прохода сварочным аппаратом МАГМА 315.

Защитные покрытия на сварные соединения наносились методами наплавки - на постоянном токе и импульсном. Оценка коррозионного износа исследуемых сварных соединений проводилась по ускоренному методу. Такие испытания рекомендуются для контроля качества сварного соединения и оценки его склонности к ножевой коррозии. Испытательной средой служил водный раствор 10 % HNO_3 + 3 % HF . Испытания проводились при температуре среды 95 °С. В этих условиях увеличивается скорость перемешивания объема раствора и облегчается подвод окислительных компонентов к

поверхности проб. Испытания состояли из 8 циклов продолжительностью 6 часов каждый. В реальных условиях эксплуатации сварного соединения продукты коррозии постоянно уводятся из рабочего раствора, поэтому в ходе лабораторных испытаний в каждом цикле использовался свежеприготовленный раствор. Коррозионные испытания проб размерами 80×15×10 мм со сварными швами проводились в условиях эксплуатации оборудования - с частичным погружением проб каждого сварного соединения в рабочие жидкости при их воздействии в области ватерлинии. Проведены коррозионные испытания проб сварных соединений после удаления наплавленных покрытий механическим способом. Это позволило обеспечить максимальный контакт сварного соединения с агрессивной средой. Продолжительность испытаний составляла 30 часов. Коррозионная стойкость оценивалась по изменению веса проб с помощью аналитических весов типа ВЛР - 200. Регистрация коррозионных разрушений поверхностных слоев проб производилась по изменению макроструктур сварных швов и зоны термического влияния (ЗТВ). Исследования структур сварных соединений и наплавленных покрытий проводились с помощью оптического микроскопа Axiovert 200 MAT и камеры AxioCam HRc фирмы Carl Zeiss, регистрировались посредством программы AxioVision Rel 4.4. Структуру сварных соединений и наплавленных покрытий выявляли с помощью реактива: 10 мл азотной кислоты, 20 мл соляной кислоты, 20 мл глицерина и 10 мл 30 % - ной перекиси водорода.

Результаты и их обсуждение

При рассмотрении причин, определяющих стойкость сварного соединения к коррозионному износу, необходимо выделить природу компонентов сварного соединения как основного фактора, определяющего его фазовый состав и структуру. Пассивность хрома в стали 12X18H10T обусловлена образованием на поверхности тонкой плёнки оксида Cr_2O_3 , малорастворимой в кислоте и воде. Как известно, величина сенсibilизации зависит от размера тепловложения при формировании сварного соединения.

Исследования микроструктуры исходных образцов показали, что исследуемая сталь имеет аустенитную структуру (рисунок 2).

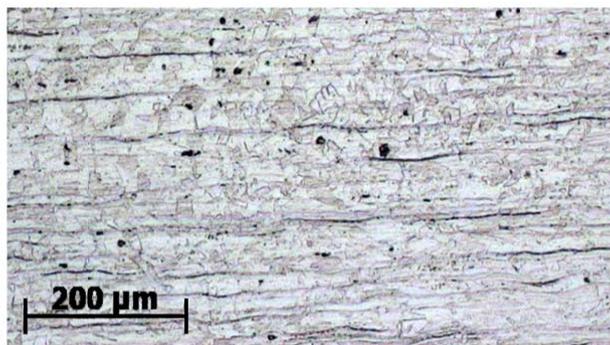


Рис. 2. Микроструктура стали 12X18H10T

Ферритная фаза присутствует в виде отдельных строчек и в виде тонкого слоя по границам зёрен полиэдрического аустенита. Структура металла сварного шва представляет собой столбчатые дендриты (рисунок 3).

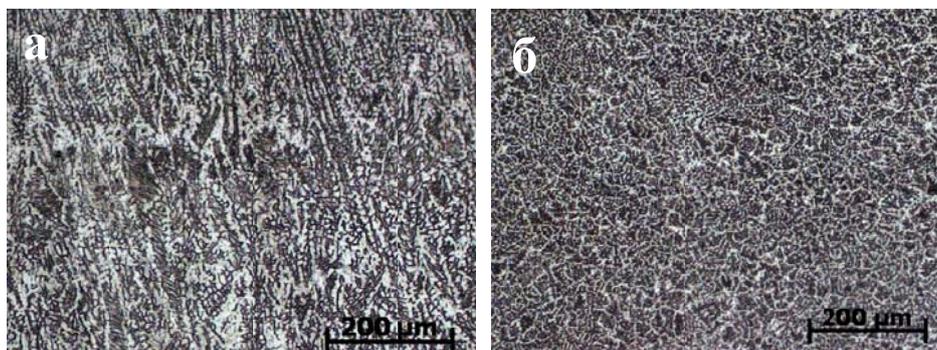


Рис. 3. Структура наплавленного металла покрытия:
а) постоянный ток, б) импульсно - дуговой метод.

Их ширина и длина дендритов могут достигать 20 мкм и 500 мкм, соответственно. Металл шва проб образцов сварных соединений, выполненных на постоянном токе, в процессе коррозионных испытаний показал относительно низкую стойкость (рисунок 4).

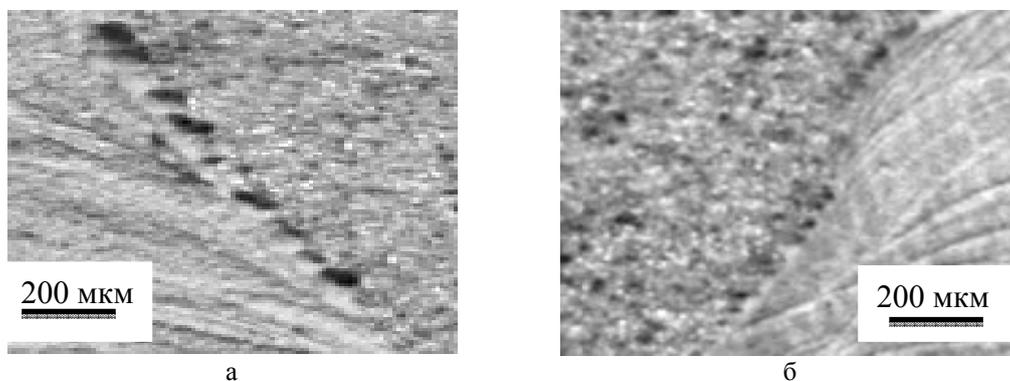


Рис. 4. Характер коррозионных разрушений сварных соединений стали 12X18H10T, полученных: а) на постоянном токе; б) импульсно - дуговым методом.

Наибольшие коррозионные разрушения проб локализованы в ЗТВ сварного соединения. Они представляют собой типичную ножевую коррозию. Картина коррозионного разрушения проб сварного соединения, выполненного на импульсном режиме, значительно отличается - отсутствует ножевая коррозия. Коррозионные разрушения представлены, в основном, в виде отдельных питтингов, локализованных в области ЗТВ.

Анализ зависимостей изменения веса проб от времени коррозионных испытаний (рисунок 5) показал, что наиболее сильно подвержены коррозионному процессу пробы сварных соединений с покрытием после наплавки на постоянном токе, что обусловлено более пористой структурой наплавленного металла и наличием дефектов наплавки в виде несплавлений. По этим полостям в ходе проникает агрессивная коррозионная среда и ускоряются коррозионные разрушения.

Анализ зависимостей скорости коррозии зоны сплавления от времени испытаний показал, что наиболее подвержены коррозии пробы, наплавленные на постоянном токе (рисунок 6). Эти пробы в значительной степени поражены ножевой коррозией в ЗТВ наплавленного покрытия и в металле шва (рисунок 7). Коррозионные разрушения протекают, в основном, в ЗТВ металла сварного соединения. Использование импульсного режима позволяет снизить до 6 раз скорость коррозии соединений по сравнению с полученными на постоянном токе. Анализ результатов коррозионных испытаний проб сварных соединений после удаления наплавленного покрытия также показал повышение коррозионной стойкости зоны шва при нанесении покрытий, выполненных импульсно - дуговым методом. Наибольшие коррозионные разрушения сварных соединений стали локализованы в ЗТВ (см. рисунок 7).

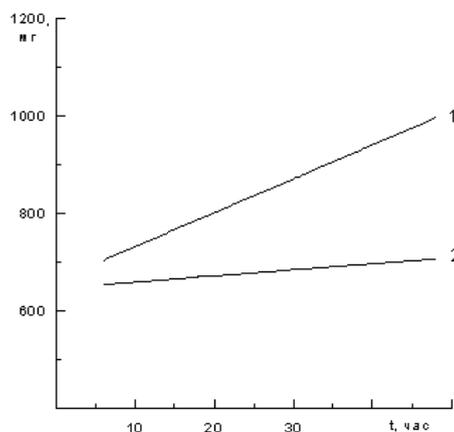


Рис. 5. Зависимость веса проб от времени коррозионного испытания после наплавки покрытия: 1) на постоянном токе, 2) импульсно - дуговым методом.

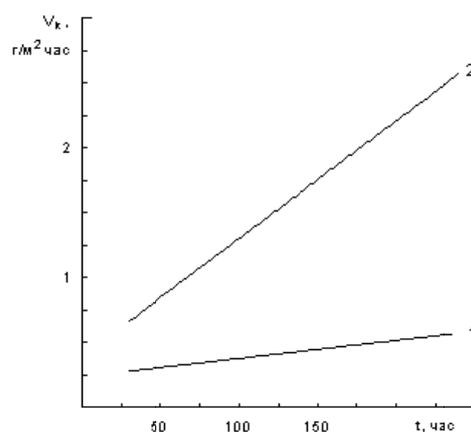


Рис. 6. Зависимость скорости коррозии от времени испытания после наплавки покрытий: 1) на постоянном токе, 2) импульсно - дуговым методом

На образцах, сваренных методом адаптивной импульсно - дуговой сварки, картина коррозионного разрушения меняется. Ножевая коррозия отсутствует. Наблюдается коррозия в виде питтингов, локализованных на границе сварного шва.

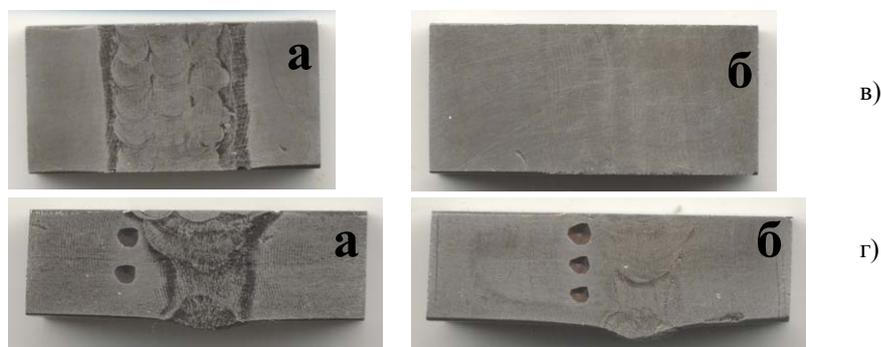


Рис. 7. Макроструктура металла сварных соединений под покрытиями, наплавленными: а) на постоянном токе; б) импульсно - дуговым методом, в) продольный срез, г) поперечный срез

Выводы

1. Использование технологического процесса импульсно - дуговой наплавки стали 12Х18Н10Т позволяет при меньшем тепловом воздействии на шов и ЗТВ сварных соединений сталей формировать защитные покрытия с дисперсной структурой.

2. Покрытия с дисперсной структурой, полученные методом импульсно - дуговой наплавки, позволяют в 1,5 - 6 раз снизить скорость коррозии сварных соединений сталей 12Х18Н10Т в активных химических средах.

3. Результаты проведенных исследований можно рекомендовать для использования при наплавке защитных коррозионно - стойких покрытий на рабочие поверхности оборудования химических производств. Импульсный технологический процесс наплавки покрытий на сварные соединения сталей можно эффективно использовать для защиты от коррозии при ремонте оборудования химической промышленности.

***Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ по приоритетному направлению деятельности: "Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами" в 2016 -2018 гг., проект № 16-19-10010.**

Литература.

1. Фоминых В.П., Яковлев А.П., Ручная дуговая сварка. Издание седьмое исправленное и дополненное. - М.: Высшая школа. - 1986. - 366 с
2. Ищенко Ю.С., Букаров В.А., Пищик В.Г. Оценка величины проплава при сварке неповоротных стыков//Сварочное производство. - 1981. - № 3. - С. 10 - 11.
3. Чернышов Г.Г. Влияние силового воздействия дуги на формирование шва/Проблемы прочности и технологии в сварке//Труды МВТУ. - 1981. - №363. - С. 92 - 101.
4. Лившиц А.С., Гринберг Н.А., Куркумелли Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. М.: Машиностроение, 1969. — 188 с.
5. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. М.: Машиностроение, 1985.-240с.
6. Каховский Н.И., Фартушный В.Г., Ющенко К.А., Электродуговая сварка сталей. Справочник. Киев. Наукова думка. 1974. 51, 60. с.
7. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Селиванов Ю.В., Никонова И.В. Влияние режимов наплавки покрытий на коррозионную стойкость в кислых средах сварных соединений аустенитных сталей//Обработка металлов. - 2007. - № 2. - С. 33 - 36.
8. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П. Влияние энергетических параметров сварки на структуру и свойства сварных соединений низколегируемых сталей//Сварочное производство. - 1012. - № 8. - С. 3 - 5.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ФОРМЫ ОБОЛОЧКИ ВНЕШНЕГО КОРПУСА МОДУЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ ГЕОХОДА

А.А. Солдатова, студент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38452)-6-22-48

E-mail: nastena.soldatova.93@mail.ru

Модуль сопряжения геохода – один из наиболее важных узлов в конструкции агрегата, который воспринимает нагрузки со стороны различных силовых механизмов, а также со стороны окружающей геосреды [1]. В процессе эксплуатации геохода внешний корпус контактирует с породой, совершая винтовое движение, в процессе которого возникают силы сопротивления движению. Величина этих сил напрямую влияет на потери энергии при движении аппарата. Величина данных сил зависит не только от конструктивно заложенных характеристик узла и условий его эксплуатации, но и от погрешностей, возникающих в процессе его изготовления. Возникающие погрешности должны непосредственно учитываться при проектировании технологических процессов изготовления подобных корпусов с целью обеспечения требований качества и принятия различных технологических решений, таких как определение припусков [2] и выбор методов контроля [3].

При производстве неизбежно возникновение отклонений реальной поверхности внешнего корпуса от конструктивно заданного цилиндра [4]. Эти отклонения могут быть вызваны как погрешностями исходных деталей и сборочных единиц, поступающих на сборку [5], так и особенностями реализации собственно сборки [6; 7]. Как продемонстрировано в работе [8] на примере стабилизирующей секции, среди возникающих при изготовлении таких корпусов погрешностей можно уверенно выделить два важных компонента: погрешности изготовления отдельных обечаек корпусов и погрешности их взаимного позиционирования при сборке корпуса. Однако помимо этого наблюдаются искажения формы, имеющие регулярный характер. Целью данной работы заключается определение искажений формы внешнего корпуса модуля сопряжения и выявление причин их возникновения.

Представленное в работе исследование проводилось на основе данных координатного контроля [9] внешнего корпуса модуля сопряжения опытного образца геохода. Координатный контроль выполнялся шарнирно-сочлененной координатно-измерительной машиной (КИМ) типа «искусственная рука» FARO Arm Edge 9. В процессе исследования контролировались точки на наружной поверхности внешнего корпуса модуля сопряжения. В результате контроля были получены облака точек, принадлежащих реальным поверхностям корпусов (рис. 1а). Координаты точек в дальнейшем использовались для анализа, который осуществлялся при помощи специально разработанного программного обеспечения по методике, приведенной в работе [10].

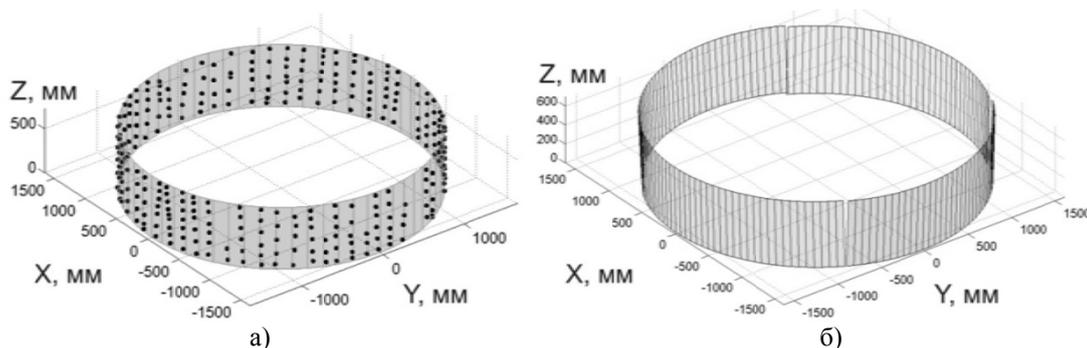


Рис. 1. Аппроксимирующие поверхности: а) общий цилиндр внешнего корпуса модуля сопряжения; б) сегменты внешнего корпуса модуля сопряжения

Выявление искажений формы оболочки выполнялось исходя из подхода, приведенного в работе [11], согласно которому обечайки корпуса могут быть описаны отдельными цилиндрическими поверхностями, имеющими различные действительные размеры и разориентировку относительно общей оси корпуса. Данные координатного контроля позволяют установить фактические размеры поверхностей, оценить обоснованность математической модели формирования погрешности и выявить значимые факторы, путем создания регрессионных моделей поверхностей и статистического анализа рядов данных. Были построены регрессионные модели цилиндрических поверхностей корпуса в целом (рис. 1а) и поверхности отдельных обечаек (рис. 1б).

Регрессионное моделирование выполнялось методом наименьших квадратов [12] с использованием следующего уравнения:

$$(a_y z_i + a_z (y_0 - y_i))^2 + ((a_x (x_0 - x_i) + a_x z_i)^2 + (a_x (y_0 - y_i) - a_y (x_0 - x_i))^2 - (r - \varepsilon_i)^2 = 0;$$

где x_i, y_i, z_i – координаты аппроксимируемых точек; $a_x, a_y, a_z, x_0, y_0, r$ – неизвестные коэффициенты регрессии; a_x, a_y, a_z – координаты направляющего вектора оси аппроксимирующего цилиндра; x_0, y_0 – координаты точки, через которую проходит ось аппроксимирующего цилиндра; r – радиус аппроксимирующего цилиндра; ε_i – остаток регрессионной модели.

После создания регрессионных моделей исходные координаты точек, полученных измерением, переводились в цилиндрические системы координат $\theta\rho Z$ (θ – угловая координата, ρ – расстояние (радиус) от оси Z до точки), связанные с осями аппроксимирующих цилиндрических поверхностей. Дальнейшие исследования проводились путем анализа точности созданных моделей поверхностей и анализа их адекватности. Определялись стандартные статистические характеристики отклонений точек контроля от поверхностей и производился регрессионный анализ моделей, путем проверки рядов остатков моделей. Ряды остатков исследовались на наличие корреляции, соответствие закону нормального распределения, отсутствие тренда и отсутствие автокорреляции. Соответствие закону нормального распределения проводилось по критерию Харке-Бера, отсутствие тренда определялось по критерию поворотных точек, отсутствие автокорреляции – по критерию Дарбина – Уотсона.

Характеристики полученных моделей цилиндрической поверхности корпуса в целом приведены в табл. 1 (уровень значимости при статистических расчетах принят равным 0,05). Как следует из результатов расчетов, среднее значение радиуса контролируемых поверхностей является близким к номинальному значению 1600 мм. Абсолютная погрешность лежит вблизи предельно допустимого значения (10 мм). Внешний корпус модуля сопряжения изготовлен несколько более точным, чем стабилизирующая секция, что может быть объяснено его меньшими габаритами по высоте.

Как показывает анализ рядов остатков (рис. 2) существует систематическая погрешность точек, полученных координатным контролем, от созданных моделей поверхностей корпусов в целом. Это подтверждается тем, что обнаружена значимая корреляция радиусов точек ρ от угловой координаты θ и координаты высоты Z . Анализ показал, что ряды остатков не соответствуют закону нормального распределения, в одном из рядов обнаруживается тренд, а также имеется положительная автокорреляция во всех рядах остатков.

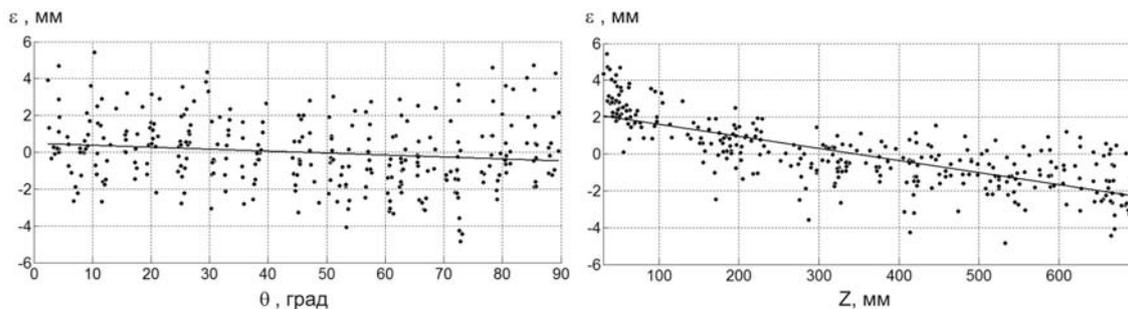


Рис. 2. Ряды остатков модели внешнего корпуса модуля сопряжения

В качестве наиболее возможной причины возникновения систематических погрешностей следует рассматривать погрешности, связанные с неточностями изготовления обечаек и их взаимного расположения, описываемых в модели, приведенной в работе [11]. В таком случае отклонения от моделей отдельных обечаек должны иметь меньшие значения и демонстрировать меньшую систематичность. В табл. 1 приведены характеристики регрессионных моделей. Радиусы отдельных секторов имеют значительный разброс, но не выходят за пределы, установленные предельным отклонением в 10 мм.

Для моделей отдельных обечаек наблюдается меньшая систематичность ряда остатков. Во всех рядах остатков отсутствует тренд. Все ряды соответствуют закону нормального распределения. Для большей части рядов отсутствует автокорреляция. В то же время, в большинстве случаев наблюдается значимая корреляция радиуса точек от их координат.

В целом, по результатам анализа следует констатировать, что отклонения от моделей сегментов являются систематическими. Это означает, что помимо погрешностей изготовления отдельных сегментов и погрешностей их взаимного расположения существуют искажения формы оболочки.

На рис. 3 представлены остатки моделей отдельных сегментов.

Таблица 1

Характеристики регрессионных моделей

Наименование характеристики		В целом	Номер обечайки			
			1	2	3	4
Радиус аппроксимирующего цилиндра, мм		1598,23	1601,93	1601,44	1597,13	1602,06
Стандартное отклонение, мм		1,72	0,92	0,94	0,70	0,68
Абсолютная погрешность, мм		9,48	4,24	4,39	3,78	3,55
Корреляция ρ по координате θ	Коэффициент	-0,179	-0,152	-0,62	0,113	0,103
	Вывод о значимости	Значима	Не значима	Значима	Не значима	
Корреляция ρ по координате Z	Коэффициент	-0,750	-0,802	-0,800	-0,965	-0,953
	Вывод о значимости	Значима				
Соответствие ряда остатков нормальному распределению	Статистика Харке-Бера	11,42	1,98	2,10	0,79	0,106
	Критическое значение	5,78	5,38	5,17	5,33	5,27
	Вывод	Не соответствует	Соответствует			
Отсутствие тренда в ряду остатков по координате θ	Число поворотных точек	173	53	39	51	47
	Критическое число	191,5	50,9	34,8	46,6	40,9
	Вывод	Присутствует	Отсутствует			
Отсутствие тренда в ряду остатков по координате Z	Число поворотных точек	204	56	46	61	46
	Критическое число	191,5	50,9	34,8	46,6	40,9
	Вывод	Отсутствует				
Отсутствие автокорреляции в ряду остатков по координате θ	Статистика Дарбина - Уотсона	1,42	1,21	1,11	1,24	1,99
	Вывод	Положительная автокорреляция				
Отсутствие автокорреляции в ряду остатков по координате Z	Статистика Дарбина - Уотсона	1,58	1,00	1,72	1,25	1,19
	Вывод	Положительная автокорреляция	Отсутствует	Положительная автокорреляция		

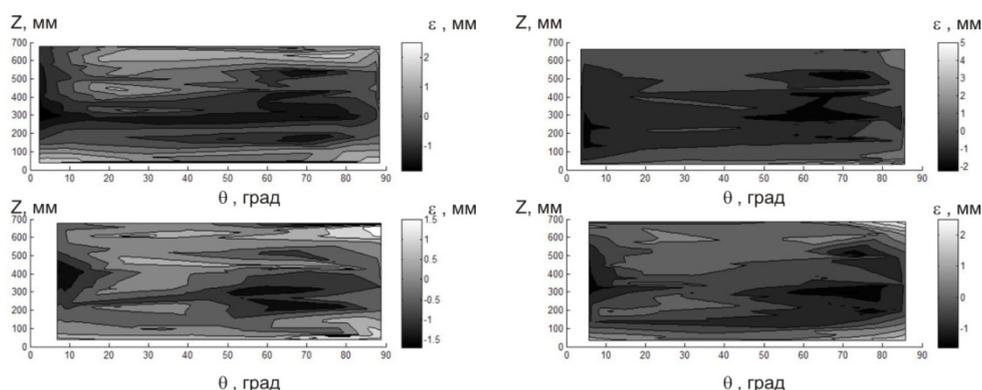


Рис. 3. Остатки моделей поверхностей сегментов внешнего корпуса

В сущности, величина остатков ε показывает искажения формы поверхностей сегментов. Выраженные полосы на графиках соответствуют положению на сегментах мощных ребер жесткости. В целом отклонения можно охарактеризовать следующим образом: в местах сегментов с наименьшей жесткостью (между ребрами, на удалении от фланцев, в местах замков) наблюдаются отрицательные значения отклонений. Причиной таких деформаций являются остаточные напряжения, возникающие в результате процессов сварки корпусов. Подтверждением этого является локализация мест с макси-

мальными градиентами искажений вблизи мест расположения мощных сварных швов. Наибольшие значения искажений (соответствующие наименьшим деформациям) характерны для нижней части обечаек. Это связано с тем, что в данном месте установлен наиболее мощный фланец конструкции, препятствующий смещению точек корпуса внутрь конструкции.

На рис. 4 приведено схематичное изображение искажений формы оболочки внешнего корпуса модуля сопряжения. Искажения придают корпусу седлообразную форму с выступами на местах установки ребер жесткости и с разноразмерными основаниями. В поперечном сечении корпус имеет форму, которая напоминает форму огибающей кривой «полярная роза».

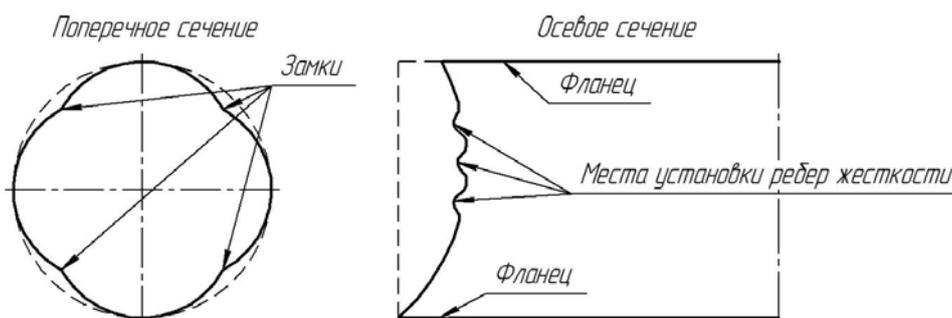


Рис. 4. Схема искажений формы оболочки внешнего корпуса модуля сопряжения

Исследование показало, что искажения формы оболочки внешнего корпуса модуля сопряжения имеют значимую величину и систематический характер. Появление искажений обусловлено деформациями в результате процессов сварки, а их величина и характер распределения по оболочке обусловлен конструктивными особенностями корпуса.

Литература.

1. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Бегляков В.Ю., Вальтер А.В. Создание нового инструментария для формирования подземного пространства // Горная техника. – 2015. – № 1 (15). – С. 24-26.
2. Вальтер А.В., Лагунов С.Е. Определение припуска на поверхности вращения сборных корпусных изделий геолода // Актуальные проблемы машиностроения. – 2015. – № 2. – С. 152-157.
3. Вальтер А.В., Березовский А.Н., Лагунов С.Е. Способ расчета координат отверстий при контроле ответственных фланцев геолода // Современное состояние и проблемы естественных наук. – 2015. – С. 238-242.
4. Вальтер А.В., Аксенов В.В. Варианты обеспечения точности оболочек и собираемости корпусов геолода // Механики XXI века. – 2015. – № 14. – С. 89-92.
5. Медарь А.В. Точностной анализ в технологическом проектировании сборочных процессов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – № 1 (102). – С. 37-42.
6. Straight-build assembly optimization: A method to minimize stage-by-stage eccentricity error in the assembly of axisymmetric rigid components (two-dimensional case study) / T. Hussain et al. // Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME. – 2011. – Vol. 133. – Iss. 3. – Article number 031014.
7. Аксенов В.В., Вальтер А.В., Лагунов С.Е. Настройка положения опор методом триангуляции при сборке секций геолода // Технологии и материалы. – 2015. – № 1. – С. 31-36.
8. Вальтер А.В., Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Чазов А.П. Определение погрешности расположения секторов стабилизирующей секции геолода на основе данных координатного контроля // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2015. – № 4 (69). – С. 31-42.
9. Соломахо Д.В. Классификация средств координатных измерений / Д.В. Соломахо, С.С. Соколовский // Вестник БНТУ. – 2010. – № 1. – С. 35-39.
10. Вальтер А.В., Аксенов В.В., Чазов П.А. Математическое обеспечение обработки данных координатного контроля оболочки геолода // Технологии и материалы. – 2015. – № 3. – С. 4-9.
11. Walter A.V., Aksenov V.V. Determining deviations in geometry of the geokhod shells // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770. – P. 439-444.
12. Nievergelt Y. Fitting cylinders to data // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2013. – Vol. 239. – P. 250-269.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ФОРМУ НАПЛАВЛЯЕМОГО ВАЛИКА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Д.А. Чинахов, Е.Г. Григорьева, Е.И. Майорова

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

В настоящее время остро стоит проблема повышения долговечности быстро изнашиваемых узлов машин. Восстановление изношенных деталей является важным резервом повышения эффективности использования различных машин и механизмов. [1].

Восстановить деталь можно с помощью наплавки, нанося расплавленный металл на поверхность изделия, нагретую до оплавления или до температуры надежного смачивания жидким наплавленным металлом. Наплавленный металл связан с основным металлом весьма прочно и образует одно целое с изделием. Толщина наплавленного металла, образованного одним или несколькими слоями, может быть различной 0,5...10 мм и более [2].

Существуют различные способы наплавки: электродуговая наплавка под слоем флюса, электрошлаковая, вибродуговая, импульсно-дуговая, плазменная, электромагнитная, лазерная, электроконтактная наплавка [3]. Все перечисленные способы обладают некими преимуществами, но и имеют ряд недостатков, сдерживающих их широкое применение.

В настоящее время наиболее распространённым способом восстановления рабочих поверхностей, является наплавка в среде защитных газов. Процесс характеризует: низкая себестоимость, высокая производительность, возможность формирования наплавленных поверхностей с большим диапазоном свойств. Наплавка в CO_2 имеет и недостатки: большие потери электродного материала, снижение усталостной прочности восстанавливаемых деталей. Авторы работ [4-6] предлагают усовершенствовать технологии наплавки. Но для реализации усовершенствованных технологий наплавки необходимо изготовление дорогостоящего оборудования. Это является сдерживающим фактором, ограничивающим широкое применение данных способов.

Наплавка в среде защитных газов характеризуется значительным термическим влиянием на деталь, вследствие чего в наплавленном слое имеется значительная доля основного металла. Необходимые свойства металла наплавленного слоя зависят от его химического состава, который, в свою очередь, определяется составом основного и дополнительного металлов и долями их участия в образовании шва. Влияние разбавления слоев основным металлом тем меньше, чем меньше доля основного металла в формировании слоя. В большинстве случаев желательно иметь в наплавленном слое состав, максимально приближающийся к составу наплавленного металла, поэтому необходимо стремиться к минимальному проплавлению основного металла, т.е. к уменьшению доли основного металла в металле шва. В связи с этим актуальной задачей является разработка технологии управления геометрией наплавленного валика.

Изучением возможности управления формообразованием шва и ЗТВ при сварке плавящимся электродом занимаются многие ученые. Разработано множество технологий и устройств способствующих управлению формообразованием сварных швов [7]: изменение режимов сварки, наложение импульсов тока, программирование режимов, наложение магнитных полей на сварочную ванну, формирование механических импульсов и вибрации электрода, изменение геометрии электрода, добавление различных химических элементов в состав проволоки, изменение состава защитного газа и т.д. Существуют различные пути управления геометрией шва, но ни один из них не может претендовать на роль универсального подхода к решению проблемы.

Цель работы: определить влияние расхода защитного газа на геометрию наплавленного валика, произвести расчет коэффициентов, характеризующих форму наплавленных валиков, установить условия для высококачественного формирования наплавленного слоя металла.

Известны работы авторов [8-12], в которых успешно применяется управление газодинамикой потока защитного газа при сварке плавящимся электродом, в том числе и с применением двухструйного сварочного сопла, что обеспечивает повышение механических свойств сварных соединений.

Сварка и наплавка являются родственными процессами. Поэтому стоит предположить, что разработанный способ с двухструйной газовой защитой [9] так же успешно можно применять и для восстановления изношенной поверхности.

Для сравнительной оценки геометрических параметров наплавленного валика были проведены эксперименты по сварке с традиционной (одноструйной) и двухструйной газовой защитой.

Для определения влияния потока защитного газа на геометрию шва при сварке плавящимся электродом в CO₂ был проведен эксперимент на реальном объекте исследования. Во время проведения эксперимента выполняли наплавку валика на пластину из стали 45 толщиной 10 мм сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в защитном газе CO₂. Наплавку валика выполняли сваркой с одноструйной (коническое сопло) и с двухструйной газовой защитой. Режим сварки: I=195 А, напряжение дуги U = 27 В, вылет электродной проволоки L=12 мм, расход защитного газа устанавливали 10, 20 и 30 л/мин. Эксперименты проводили в равных условиях и на одинаковых режимах со скоростью сварки V = 4 мм/с и V = 3 мм/с. Источники питания Shtorm-Lorch V 50 AC/DC, сварочная установка VD – 1500.

На полученных сварных образцах провели измерение геометрических параметров сварных швов (e – ширина шва, g – усиление шва, h – глубина проплавления, t – толщина шва). На основании полученных данных произвели расчет коэффициентов характеризующих форму наплавленных валиков: коэффициент формы сварного шва Ψ_f , коэффициент формы проплавления $\Psi_{пр}$, коэффициент выпуклости шва Ψ_v (таблица 1, 2).

Таблица 1

Коэффициенты геометрических параметров сварных швов
при скорости сварки V=4 мм/с

Расход защитного газа Q, л/мин	Одноструйная газовая защита			Двухструйная газовая защита		
	Коэффициент формы свар- ного шва $\Psi_f = e / t$	Коэффициент формы про- плавления $\Psi_{пр} = e / h$	Коэффициент выпуклости шва $\Psi_v = e / g$	Коэффициент формы свар- ного шва $\Psi_f = e / t$	Коэффициент формы про- плавления $\Psi_{пр} = e / h$	Коэффициент выпуклости шва $\Psi_v = e / g$
10	1,74	3,33	3,66	2,09	4,06	4,3
20	1,83	3,66	3,66	2,47	5,03	4,85
30	1,83	3,66	3,66	2,74	5,83	5,18

Таблица 2

Коэффициенты геометрических параметров сварных швов
при скорости сварки V= 3 мм/с

Расход защитного газа Q, л/мин	Одноструйная газовая защита			Двухструйная газовая защита		
	Коэффициент формы свар- ного шва $\Psi_f = e / t$	Коэффициент формы про- плавления $\Psi_{пр} = e / h$	Коэффициент выпуклости шва $\Psi_v = e / g$	Коэффициент формы свар- ного шва $\Psi_f = e / t$	Коэффициент формы про- плавления $\Psi_{пр} = e / h$	Коэффициент выпуклости шва $\Psi_v = e / g$
10	1,81	3,62	3,62	2,34	4,54	4,83
20	1,89	3,96	3,62	2,76	5,96	5,16
30	2,03	4,06	4,06	3,01	6,67	5,74

Значение коэффициента формы шва Ψ_f обычно лежит в пределах от 0,72 до 3. Для обоих способов наплавки данный коэффициент находится в пределах нормы. Значения коэффициента формы проплавления $\Psi_{пр}$ должны лежать в диапазоне 0,8...4,0. При большем значении – получаются широкие швы с малой глубиной проплавления. Это является положительным моментом при наплавке.

Значения $\Psi_{пр} > 4$, имеет место при двухструйной газовой защите, на всем диапазоне варьирования расхода защитного газа Q=10, 20, 30 л/мин. Стоит отметить, что при скорости сварки V= 3 мм/с коэффициент $\Psi_{пр}$ имеет более высокие значения, чем при сварке со скоростью V= 4 мм/с. При увеличении расхода газа и уменьшении скорости сварки в опыте с двухструйной газовой защитой, уменьшается проплавление основного металла. Этим успешно можно пользоваться на практике, по необходимости регулируя долю основного металла в металле шва.

Значения коэффициента выпуклости Ψ_v должны составлять не более 7-10. Чем меньше значение, тем шов будет более узкий и высокий с резким переходом от основного металла к металлу шва. Для сварки с двухструйной газовой защитой данный коэффициент несколько выше, что характеризует более плавный переход. Более высокие значения коэффициента выпуклости имеют швы при сварке с двухструйной газовой защитой на скорости сварки V= 3 мм/сек.

По результатам проведенных исследований установлено, что расход защитного газа и скорость сварки оказывают существенное влияние на геометрию наплавленного валика. Расчет коэффи-

циентов, характеризующих форму наплавленных валиков, подтвердил положительное влияние потока защитного газа при сварке с двухструйным соплом на формирование наплавленного слоя.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНО ПРИ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКЕ РФФИ В РАМКАХ НАУЧНОГО ПРОЕКТА № 16-38-00194 МОЛ_А

Литература.

1. Абакумов Ю.Ф., Козлов А.В., Зуйков С.С., Юсипов Р.Ф. Ресурсосбережение в машиностроении // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2014. - № 3. С. 32-41.
2. Чинахов Д.А., Григорьева Е.Г., Майорова Е.И. Влияние расхода защитного газа на форму наплаваемого валика при восстановлении изношенных деталей//Актуальные проблемы в машиностроении.-2016.-№3.- С.37-42.
3. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. – Рипол Классик, 1985.
4. Чигарев В. В. Повышение работоспособности деталей и инструмента наплавкой гетерогенного слоя / В. В. Чигарев, В. П. Иванов, И. С. Псарева // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. пр. / ПДТУ. - Маріуполь, 2003. - Вип. 7. - С. 234-237.
5. Мозок В. М., Лебедев В. А. Новые возможности ремонтов деталей тяжелой техники импульсно-дуговой сваркой и наплавкой вне ремзаводов // Металлообработка. 2009. №4.С. 16–19.
6. Lebedev V. A.,Maksimov S. Yu. Reduction in power consumption and weld quality control in welding using a controllable pulsed feed of electrode wire / International Congress on Advances in Welding Science and Technology for Construction, Energy and ansportation Systems (AWST-2011). 24–25 October 2011.Antalya, Turkey. 371–373 p.18 ISSN
7. Потапьевский А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев., Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
8. Грибовский Г., Кравчук Б., Ленивкин В.А. Влияние двухслойного кольцевого потока защитных газов на процесс сварки плавящимся электродом// Сварочное производство. - 1996. - № 4. - С. 6-8.
9. Чинахов Д.А. Влияние режимов сварки плавлением на структуру и свойства соединений из легированных сталей: монография// Монография / Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 114 с.
10. Федоренко Г.А., Иванова И.В., Синяков К.А. Совершенствование технологического процесса сварки в защитных газах на ветру//Сварочное производство.– 2010.- № 1. – С.6 – 13.
11. Чинахов Д. А., Воробьев А. В., Томчик А. А. Влияние активного защитного газа на распределение тепла в зоне сварки //Тяжелое машиностроение. – 2013. – №. 1. – С. 23-26.
12. Шейко П.П., Жерносеков А.М., Шевчук С.А. Технологические особенности сварки плавящимся электродом низколегированных сталей с чередующейся подачей защитных газов // Автоматическая сварка. – 1997. – № 8. – С. 32–36.

СЕКЦИЯ 2

**Инновационные технологии
получения и обработки
материалов в машиностроении**

**СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВОГО ЖЕЛЕЗОГРАФИТА С
ПОСЛЕДУЮЩИМ ОКСИДИРОВАНИЕМ**

С.Н. Намазов, А.А. Джафарова, В.Ф. Гахраманов

Азербайджанский технический университет

E-mail: subhan_namazov@daad-alumni.de

Введение. Структура и свойства спеченных изделий определяются составом и плотностью материала. Их можно изменить в широких пределах и улучшать, варьируя технологию изготовления и используя новейшие разработки в области получения порошков, технологии легирования и совершенствования других процессов изготовления порошковых изделий. Для обеспечения комплекса свойств, которыми должны обладать детали конструкционного и антифрикционного назначения, ниже приведены исследования по созданию материалов, удовлетворяющих всему комплексу этих требований.

В процессе исследований по повышению прочностных и триботехнических свойств разработан способ [1] улучшения пористых порошковых сталей, обеспечивающих, вместе с тем, газонепроницаемость изделий. При этом в отличие от традиционного способа термического улучшения высококи отпуск пористых сталей совмещается с паротермическим оксидированием. В [2] показано его преимущество перед технологией, включающей спекание и паротермическое оксидирование изделий, а в настоящей статье изучены структурообразование и прочностные характеристики порошковой стали ЖГр0,8, подвергавшейся до и после закалки как паротермическому оксидированию, так и обычному отпуску.

Материалы и методика проведения экспериментов. Исходным материалом для исследований служила порошковая шихта, состоящая из порошков, масс. %: железа марки ПЖ2М3-99,2% и графита марки ГК-3-0,8%.

Повышенное содержание углерода в рассматриваемой шихте, отличающее ее от традиционно улучшаемых среднеуглеродистых (0,3 – 0,5%С) сталей [3] учитывает потери углерода за счет обезуглероживания в процессе спекания порошкового материала в среде эндогаза. Методики приготовления шихты, ее прессования, спекания заготовок, закалки изделий и их паротермического оксидирования изложены в [2]. Обычный отпуск закаленных образцов проводился при температурах 200, 400 и 600⁰С в течение 7,2 кс в печи СНЗ-3х6х2/10М1. Фазовый состав оксидных слоев проб 1,2,3,4 и 5 изучен рентгенодифрактометрическим методом. Дифрактометрические кривые сняты на отфильтрованном железном излучении на аппарате ДРОН-2,0.

Результаты экспериментов. На рис. 1 показана рентгеновская дифрактограмма спеченных образцов, подвергнутых паротермическому оксидированию до (4) и после закалки (5), а также обычному отпуску (1,2 и 3) при 200, 400 и 600⁰С, соответственно. В составе изученных образцов встречаются оксиды железа - магнетит (Fe₃O₄), гематит (Fe₂O₃), вюстит (FeO).

Наличие первого установлено отражениями от плоскостей – (220), (311), (222), (400), (422), (333;511), второго – (112), (101), (102), (202), (123), (233), (103), третьего – (111), (200), (220) и др. (рис.1).

Преобладающей фазой в образце 1 является вюстит, 2,3 и 5 – гематит и в образце 4 – магнетит. Приблизительное содержание отдельных фаз в указанных образцах отражено в таблице 1.

Таблица 1

№ образцов	Содержание отдельных фаз, %		
	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄
1	60-70	20-30	10-15
2	10-20	70-80	5-10
3	---	60-70	30-40
4	---	30-40	50-60
5	---	60-70	30-40

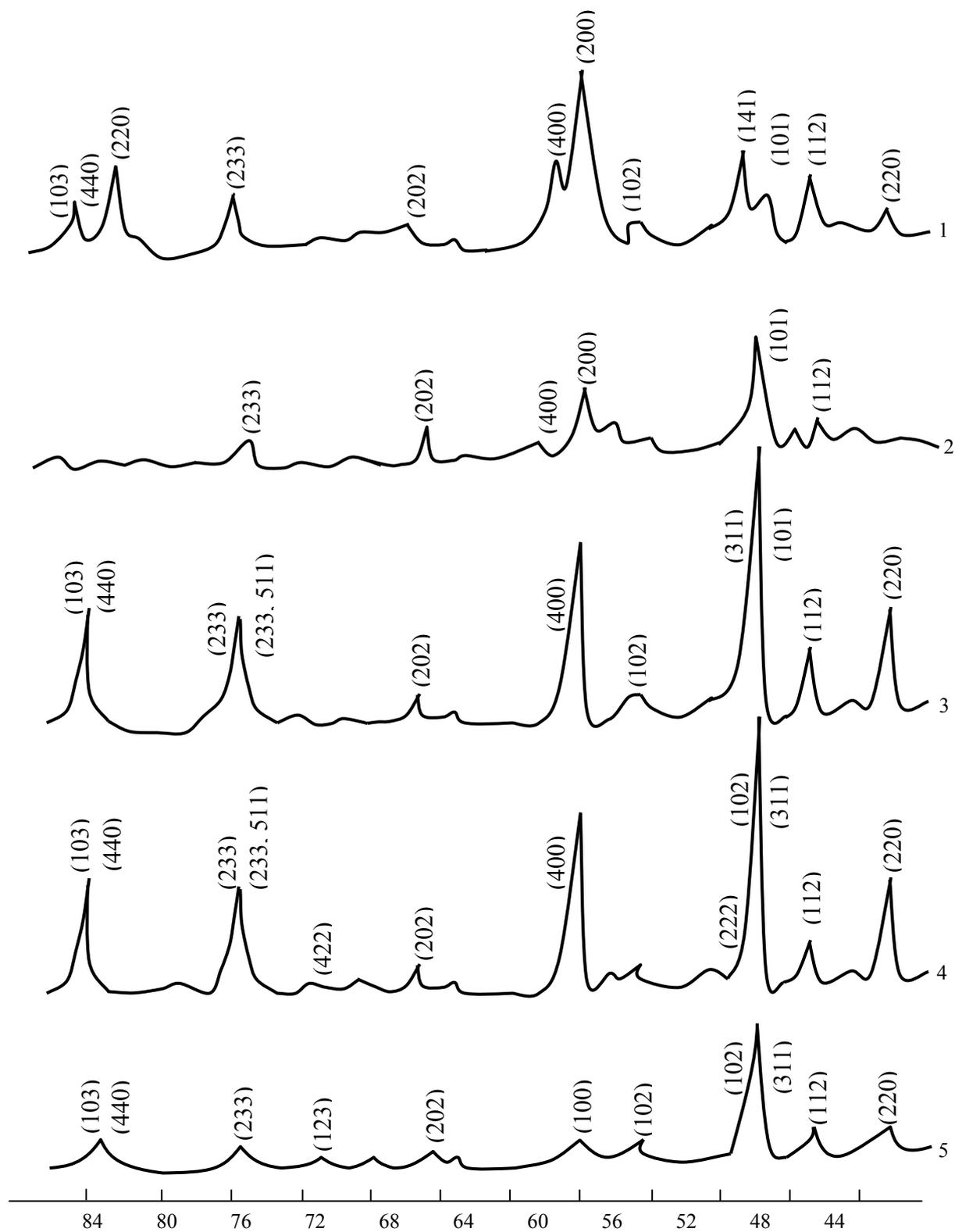


Рис. 1. Дифрактометрические кривые оксидных слоев образцов.
 1, 2, 3- спеченные, закаленные и отпущенные при 200, 400 и 600 $^{\circ}$ C;
 4 - спеченный и пароксидированный; 5 - закаленный и пароксидированный

Исходя из данных таблицы 1 можно заключить, что образование оксидов в порошковой стали ЖГр 0,8 протекает по сложному механизму. Можно предположить, что в момент взаимодействия перегретого пара с раскаленным железом и в процессе закалки образцов в воде преимущественно образуется вюстит. При последующем быстром охлаждении образцов в воде, она заключается в порах материала, образуя с уже охлажденным железом гематит. При повторном же нагреве (отпуске) образцов при 200-400⁰С оставшаяся часть воды испаряется из пор, а некоторое количество вюстита и гематита превращается в магнетит. В процессе отпуска образцов при 600⁰ С, вюститная фаза полностью исчезает, превращаясь в более обогащенные оксиды железа, теперь уже преимущественно за счет окислительной атмосферы печи. Эта же температура является благоприятной для образования магнетита, в чем свидетельствует преобладание последнего в образце 3. Паротермическое оксидирование спеченных образцов при температуре 570⁰С с изотермической выдержкой 10,8 кс способствует образованию двух оксидов железа-магнетита и гематита с преобладанием первого. При параметрическом оксидировании закаленных образцов вода, заключенная в порах порошковой, стали, в процессе быстрого охлаждения и повторного нагрева последней вносит свои коррективы в механизм образования оксидов. Теперь уже гематит преобладает над магнетитом.

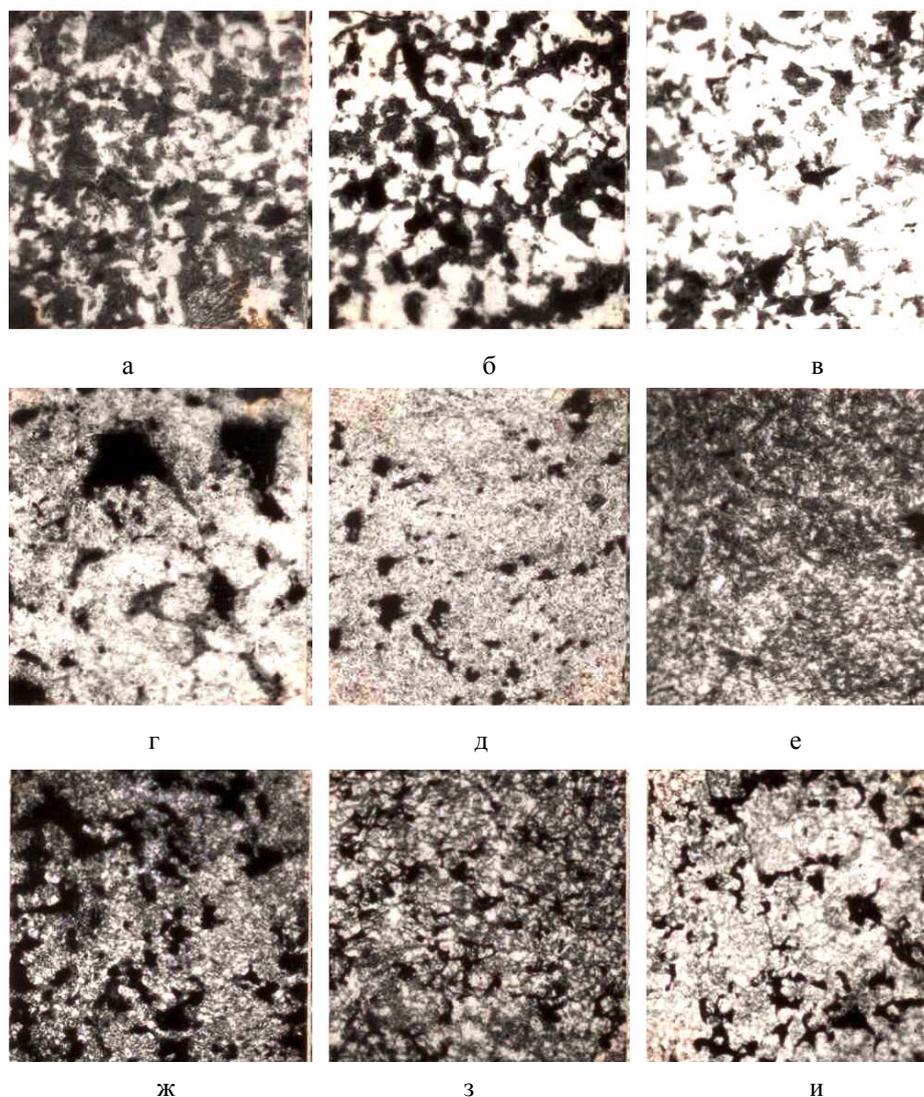


Рис. 2. Микроструктура порошковых сталей, изготовленных по I (а,б,в) и II (г,д,е,ж,и) варианту x 200 I вариант – холодное прессование-спекание-парооксидирование;

II вариант – холодное прессование-спекание-закалка-пароокисление а,г,ж; б,д,з; в,е,н – спрессованные при 400,700 и 1000МПа соответственно а,б,в,г,д,е – поверхностного; ж,з,н – сердцевина

Микроструктура поверхностных слоев образцов, подвергнутых паротермическому окислению непосредственно после спекания, состоит из феррита и небольшого количества пластинчатого перлита (рис.2). В порах и поровых каналах образцов «а» имеется большое количество оксида железа; по мере снижения пористости образцов «б», «в» количество оксидов в их структуре уменьшается, что свидетельствует об ухудшении их газо- и гидропроницаемости. Недостаточное содержание перлита в структуре эвтектичной порошковой стали, полученной из шихты ЖГр0,8 – результат обезуглероживания ее как в процессе спекания, так и паротермического окисления, а также аномалии диффузии углерода в образцах. В отличие от микроструктуры образцов «а», «б» и «в» микроструктура поверхностных слоев закаленных пароокисленных окисленных образцов «г», «д», «е», «ж», «з», «и» состоит из мелкозернистого перлита (в образце «д» сорбитообразного перлита) и оксидов железа. Однако сохраняется тот характер насыщения образцов оксидами, который имеет место в образцах «а», «б», «в», т.е. более пористый образец «г» насыщается оксидами интенсивнее. Отсутствие обезуглероженного слоя на поверхности образцов объясняется науглероживанием спеченных образцов при нагреве под закалку в атмосфере смеси эндогаза и метана для достижения удовлетворительной закаливаемости.

Можно заметить, что структура поверхности образцов состоит из продуктов распада мартенсита, т.е. сохраняется ориентация по мартенситу. Микроструктура внутренних слоев отличается более крупным зерном перлита и наличием на образцах «з» и «и» небольшого количества феррита. Оксиды на образце «ж» более заметны, чем «г» и «и».

Выводы. 1. Разработаны технологические процессы получения порошкового железного графита марки ЖГр0,8: спеканием; спеканием и пароокислением; спеканием и закалкой; спеканием, закалкой и пароокислением; спеканием, закалкой и отпуском при температуре 200, 400 и 600⁰С.

Литература.

1. Мамедов А.Т., Хеиров М.Б. Структура и прочностные характеристики порошковой стали ХГр0,8, получаемой различными способами// Порошковая металлургия, 1989, №7, с.87-92
2. Ас 954189 (СССР). Способ изготовления спеченных изделий из железного графитовых материалов. Мамедов А.Т., Опубл. в Б.И., 1982, №32.
3. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. под. общ. редак. Далского А.М., М.Машиностроение, 1985, 448 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В СТАЛИ С БЕЙНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

*К.В. Аксёнова, аспирант, В.Е. Громов, д.ф.-м.н., проф., Е.Н. Никитина
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова 42, тел. (3843)-78-43-67
E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru*

1. Введение

Стали с бейнитной структурой в настоящее время нашли широкое применение в автомобилестроении, в энергетической отрасли, в производстве рельсов, высокопрочных труб для нефтегазовой промышленности и многих других отраслях промышленности [1-3]. Бейнит является, пожалуй, наиболее сложной структурой, формирующейся в углеродистой стали при термообработке, что обусловлено протеканием процесса бейнитного превращения в области температур, где отсутствует диффузия атомов железа и легирующих элементов, но происходит интенсивное перераспределение атомов углерода [4, 5]. Это приводит к формированию фаз, существенно отличающихся содержанием углерода. А именно, α -фазы (твердый раствор на основе ОЦК кристаллической решетки железа), γ -фазы (твердый раствор на основе ГЦК кристаллической решетки железа), карбидной фазы (цементит). Эксплуатация изделий из стали с бейнитной структурой, особенно в экстремальных условиях, часто приводит к пластическому формоизменению материала, сопровождающемуся преобразованием его фазового состава и дефектной субструктуры.

Целью настоящей работы являлось обнаружение закономерностей эволюции фазового состава и дефектной субструктуры стали с бейнитной структурой в условиях пластической деформации до разрушения.

2. Материал и методы исследования

В качестве материала исследования была использована конструкционная сталь 30Х2Н2МФА [6]. Аустенизацию стали проводили при температуре 960°C, 1,5 часа; охлаждение осуществляли на воздухе. Деформацию стали проводили одноосным сжатием со скоростью $\sim 7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ столбиков размерами 4x4x6 мм³ на испытательной машине типа «Инстрон». Исследования структуры и фазового состава стали осуществляли методами электронной дифракционной микроскопии тонких фольг и рентгеноструктурного анализа.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Характерной чертой бейнитного превращения стали является формирование многофазной структуры, представленной α -фазой (твердый раствор на основе ОЦК кристаллической решетки), γ -фазой (остаточный аустенит, твердый раствор на основе ГЦК кристаллической решетки) и карбидом железа (в низко- и среднеуглеродистых сталях – цементит) [1, 7].

В пластинах бейнита выявляется дислокационная субструктура сетчатого типа с относительно высокой скалярной плотностью дислокаций, составляющей в исследуемой стали $\approx 7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$, что свидетельствует о сдвиговом механизме $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Пластическая деформация стали сопровождается ростом скалярной плотности дислокаций (рис. 1, а). При этом тип дислокационной субструктуры не изменяется.

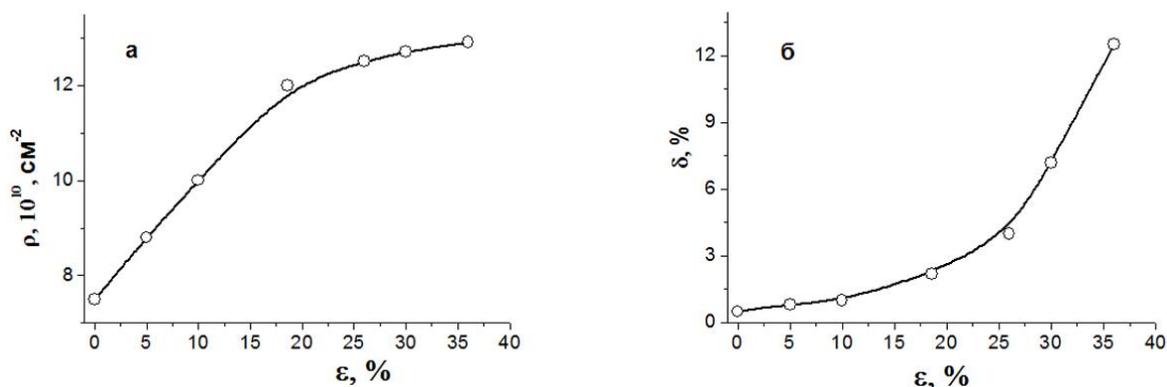


Рис. 1. Зависимость скалярной плотности дислокаций (а) и объема материала, содержащего микродвойники, (б) от степени деформации

Анализируя результаты, представленные на рис. 1, а, можно выделить следующие участки на зависимости скалярной плотности дислокаций от степени деформации. Во-первых, участок ($0 \% < \varepsilon < 18 \%$), характеризующийся монотонным увеличением скалярной плотности дислокаций. Во-вторых, участок ($26 \% < \varepsilon < 36 \%$) с практически неизменным значением величины скалярной плотности дислокаций. В-третьих, переходный участок, наблюдающийся в интервале степени деформации $18 \% < \varepsilon < 26 \%$.

Одной из возможных причин существенного снижения скорости накопления дислокаций на поздних стадиях нагружения является включение дополнительного механизма деформирования материала. Действительно, выполненные в настоящей работе электронно-микроскопические микродифракционные исследования выявили существенное увеличение объема материала, содержащего деформационные микродвойники, при больших степенях деформации стали. Анализируя результаты, представленные на рис. 1, б, можно отметить, что интенсивное увеличение объема материала, содержащего микродвойники, отмечается при степенях деформации, больших (20...25) %, т.е. на стадии деформирования, характеризующейся снижением скорости увеличения скалярной плотности дислокаций.

Деформация стали сопровождается фрагментацией пластин бейнита. Увеличение степени деформации приводит к уменьшению средних продольных размеров фрагментов (поперечные размеры фрагментов ограничены границами пластин бейнита и при деформации практически не изменяются). Подобно поведению скалярной плотности дислокаций, в изменении размеров фрагментов также выявляется некоторая стадийность: при степени деформации $\varepsilon > 26 \%$ изменение средних размеров фрагментов практически прекращается. Можно предположить, что размеры фрагментов достигают некоторого критического значения ($\approx 200 \text{ нм}$) значения. Подобная структура, не способная к даль-

нейшей эволюции в процессе деформирования (так называемая критическая структура), является предпочтительным местом формирования микротрещин [8]. Снижение средних размеров фрагментов протекает на фоне увеличения степени их разориентации.

Электронно-микроскопический микродифракционный анализ стали методом тонких фольг выявил на изображениях структуры изгибные контуры экстинкции. Присутствие таких контуров указывает на изгиб-кручение кристаллической решетки материала [9-11]. Установлено, что в стали перед деформацией (исходное состояние) и в стали после малых ($\approx 5\%$) степеней деформации контуры располагаются преимущественно поперек пластин бейнита, пересекая пластину от одной границы до другой (рис. 2, б). После больших степеней деформации ($\varepsilon \approx 18\%$ и более) в материале формируются кольцевые контуры, охватывающие некоторые области в объеме пластин (рис. 2, в).

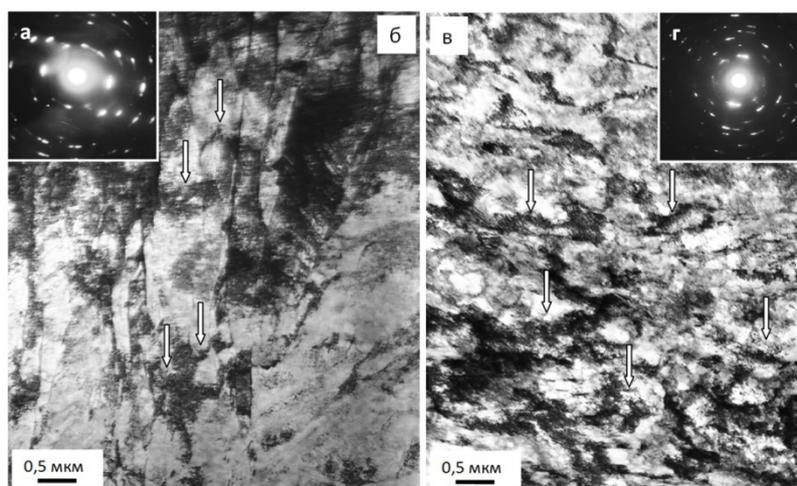


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение изгибных контуров экстинкции; а, г – микроэлектронogramмы; б, в – светлые поля; б – $\varepsilon = 5\%$; в – $\varepsilon = 30\%$; экстинкционные контуры указаны стрелками

Количественный анализ структуры стали позволил показать, что с увеличением степени деформирования возрастает количество контуров на единицу площади снимка (поверхностная плотность контуров). Одновременно с этим уменьшаются средние поперечные размеры контуров. Первый факт указывает на увеличение количества концентраторов напряжений в материале с ростом степени деформации, второй – на рост амплитуды изгиба-кручения кристаллической решетки материала [10, 11].

Деформация стали сопровождается существенным преобразованием карбидной подсистемы материала. Исходно пластинчатые частицы (отношение продольных размеров (L) к поперечным (d) $L/d \approx 8$) превращаются на последней стадии деформации в эллипсоидальные ($L/d \approx 5$). Одновременно с этим внутри кристаллов бейнита (на дислокациях и границах фрагментов) обнаруживаются частицы округлой формы, количество которых с ростом степени деформации увеличивается.

Изменяется место расположения частиц цементита: с увеличением степени деформации объемная доля частиц, расположенных на границах пластин бейнита, увеличивается и к моменту разрушения образца практически весь цементит находится на внутрифазных границах (границах зерен и пластин феррита). Увеличение объемной доли частиц цементита, расположенных на внутрифазных границах, протекает немонотонным образом: весьма быстро – в интервале степеней деформации $5\% < \varepsilon < 10\%$ и существенно медленнее при больших степенях деформации. Причиной скачкообразного увеличения объемной доли частиц цементита на внутрифазных границах может быть превращение остаточного аустенита с образованием α -фазы и цементита, инициированное деформацией стали.

Начальная стадия деформирования ($\varepsilon \approx 10\%$) сопровождается увеличением суммарной доли частиц цементита в стали; при больших степенях деформирования объемная доля цементита в стали снижается. Это означает, что углерод в атомарном виде переходит на дефекты кристаллической решетки стали (дислокации, субграницы и границы) и в твердый раствор на основе α -фазы.

Совокупность изложенных фактов позволяет высказать предположение о протекании в стали в процессе деформации двух конкурирующих процессов: (1) растворение частиц цементита, образовавшихся в процессе бейнитного превращения в объеме пластин феррита и (2) выделение частиц це-

ментита на элементах дислокационной субструктуры («деформационное старение») и на внутрифазных границах (допревращение остаточного аустенита).

Сопоставляя результаты проведенных исследований, можно обнаружить, что переход от первой стадии деформирования стали ко второй подготавливается следующим изменением структурно-фазового состояния материала: во-первых, завершением процесса интенсивного накопления дислокаций, во-вторых, иницированием механизма деформационного микродвойникования, в-третьих, завершением процесса фрагментации пластин бейнита, в-четвертых, достижением максимальной плотности изгибных экстинкционных контуров, в-пятых, существенным увеличением твердорастворного упрочнения стали. В совокупности указанные процессы приводят к формированию в материале областей с критической субструктурой, способной к формированию микротрещин с последующим разрушением образца.

4. Заключение

Показано, что пластическая деформация одноосным сжатием стали 30X2H2MФА с бейнитной структурой сопровождается, во-первых, увеличением скалярной плотности дислокаций и объема материала, содержащего деформационные микродвойники, во-вторых, уменьшением средних продольных размеров фрагментов и увеличением степени их разориентации, в-третьих, увеличением количества концентраторов напряжений и амплитуды изгиба-кручения кристаллической решетки материала. Выявлена стадийность изменения параметров структуры стали. Высказано предположение о смене механизма деформирования стали: на первой стадии нагружения ($0\% < \varepsilon < 18\%$) деформирование осуществляется преимущественно движением дислокаций; на второй стадии ($18\% < \varepsilon < 36\%$) – движением дислокаций и двойникованием.

Выполнен количественный электронно-микроскопический микродифракционный анализ эволюции фазового состава стали при пластической деформации одноосным сжатием. Показано, что карбидные превращения в бейнитной структуре протекают в рамках двух конкурирующих процессов – растворение частиц цементита, образовавшихся в процессе бейнитного превращения в объеме пластин феррита, и выделение в процессе «деформационного старения» частиц цементита на элементах дислокационной субструктуры. Одновременно с этим наблюдается допревращение остаточного аустенита, инициированное деформированием стали.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ №15-12-00010 на выполнение научно-исследовательской работы.

Литература.

1. Пикеринг Ф.Б. Физическое металловедение и разработка сталей / Ф.Б. Пикеринг; пер. с англ. – М.: Металлургия, 1982. – 184 с.
2. Матросов Ю.И. Сталь для магистральных газопроводов / Ю.И. Матросов, Д.А. Литвиненко, С.А. Голованенко. – М.: Металлургия, 1989. – 288с.
3. Павлов В.В. Железнодорожные рельсы из бейнитной стали / В.В. Павлов, Л.А. Годик, Л.В. Корнева, Н.А. Козырев, Е.П. Кузнецов // Металлург. – 2007. – № 4. – С. 51-53.
4. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении / Л.М. Утевский. – М.: Металлургия, 1973. – 584 с.
5. Курдюмов В.Г. Превращения в железе и стали / В.Г. Курдюмов, Л.М. Утевский, Р.И. Энтин. – М.: Наука, 1977. – 236 с.
6. Приданцев М.В. Конструкционные стали: Справочник / М.В. Приданцев, Л.Н. Давыдова, А.М. Тамарина. – М.: Металлургия, 1980. – 288 с.
7. Bhadeshia H.K.D.H. Bainite in Steels / H.K.D.H. Bhadeshia; 2nd ed. – The Institute of Materials London, 2001. – 460 p.
8. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов / В.В. Рыбин. – М.: Металлургия, 1986. – 224 с.
9. Хирш П. Электронная микроскопия тонких кристаллов / П. Хирш, А. Хови, Р. Николсон [и др.]. – М.: Мир, 1968. – 574с.
10. Конева Н.А. Природа субструктурного упрочнения / Н.А. Конева, Э.В. Козлов // Известия ВУЗов. Физика. – 1982. – №8. – С. 3-14.
11. Иванов Ю.Ф., Корнет Е.В., Козлов Э.В., Громов В.Е. Закаленная конструкционная сталь: структура и механизмы упрочнения / Ю.Ф. Иванов, Е.В. Корнет, Э.В. Козлов, В.Е. Громов. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2010. – 174 с.

ФРАКТОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СИЛУМИНА, ПОДВЕРГНУТОГО ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ

К.В. Аксёнова, аспирант, В.Е. Громов, д.ф.-м.н., проф., С.В. Коновалов, д.т.н., проф.

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова 42, тел. (3843)-78-43-67

E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru

1. Введение

Одной из наиболее часто встречающихся причин выхода из строя оборудования, механизмов, машин и сооружений является усталостное разрушение деталей. В связи с этим, проблема предотвращения усталостных разрушений ответственных деталей и, следовательно, увеличения их срока службы является весьма актуальной [1]. Процесс разрушения, как правило, начинается с появления микроскопических трещин, которые, быстро развиваясь, приводят к полному разрушению изделия [2]. Усталостные трещины зарождаются в приповерхностном слое в зоне действия концентраторов напряжений, которыми могут являться включения второй фазы, микропоры, царапины и выбоины [1]. Поэтому в процессе усталостного разрушения существенную роль играют состояние поверхностного слоя материала и упрочняющие его обработки, которые способны в значительной мере увеличивать усталостную долговечность материала [3].

Эффективным методом поверхностного упрочнения металлов и сплавов и, как следствие, повышения усталостного ресурса является обработка поверхности материала высокоинтенсивным электронным пучком субмиллисекундной длительности воздействия, позволяющая изменять структуру поверхностного слоя толщиной в десятки микрометров, переводя его в мультимодальное структурно-фазовое состояние и практически не изменяя структурно-фазового состояния основного объема сплава [4, 5]. Использование электронных пучков в качестве средства модификации металлов и сплавов приводит к существенному изменению структурно-фазового состояния поверхностных слоев и, как следствие, к увеличению коррозионной стойкости, износостойкости и микротвердости, недостижимым при традиционных методах поверхностной обработки [6-8].

Целью настоящей работы является анализ особенностей модификации структуры силумина высокоинтенсивным импульсным электронным пучком и выявление факторов, ответственных за разрушение силумина, подвергнутого многоцикловым усталостным испытаниям.

2. Материал и методы исследования

В качестве материала исследования использовали силумин марки АК12 [9]. Усталостные испытания образцов размерами 8x14x145 мм проводили на специальной установке по схеме циклического асимметричного консольного изгиба [10]. Имитация трещины осуществлялась надрезом в виде полуокружности радиуса 10 мм. Температура испытаний 300 К, частота нагружения образцов изгибом составляла 15 Гц при нагрузке 10 МПа.

Облучение поверхности образцов, приготовленных для усталостных испытаний, осуществляли на установке «СОЛО» (ИСЭ СО РАН) [11] при следующих параметрах: энергия электронов 18 кэВ; частота следования импульсов 0,3 Гц; длительность импульса пучка электронов 50 мкс и 150 мкс; плотность энергии пучка электронов (10...25) Дж/см²; количество импульсов воздействия 1, 3, 5. Облучали лицевую поверхность образцов, т.е. поверхность, находящуюся над надрезом, имитирующим трещину. На каждый режим облучения испытывали не менее 5 образцов. Исследования поверхности облучения и разрушения осуществляли методами сканирующей электронной (прибор SEM-515 Philips) микроскопии.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Выполненные испытания на усталостную долговечность облученных образцов силумина выявили весьма широкий спектр результатов, значения которых существенным образом зависят как от структуры материала, так и от режима облучения электронным пучком и различаются более чем на порядок (от 132000 до 517000 циклов до разрушения) [12, 13]. Максимальное увеличение усталостной долговечности (~ в 3,5 раза) обеспечивал режим облучения высокоинтенсивным импульсным электронным пучком с параметрами 20 Дж/см²; 150 мкс; 5 имп.

В исходном состоянии исследуемый силумин содержит большое количество включений кремния и интерметаллидов, которые имеют пластинчатую или скелетообразную форму и, следовательно, могут являться источниками трещин при механических испытаниях материала. Облучение поверхности силумина интенсивным импульсным электронным пучком в зависимости от плотности энергии пучка электронов сопровождается либо оплавлением поверхности образца (15 Дж/см², 150 мкс; 3 имп. – 1-ый режим), либо плавлением поверхностного слоя материала толщиной от единиц до десятков микрометров (20 Дж/см², 150 мкс; 5 имп. – 2-ой режим).

ЭПО по режиму №1, инициирующему начальную стадию плавления включений кремния, приводит к протеканию двух взаимосвязанных процессов: глобуляризации включений кремния (рис. 1, а) и хрупкого разрушения пластин кремния (рис. 1, б). Процесс разрушения пластин сопровождается формированием многочисленных микропор, расположенных вдоль границы раздела пластина/матрица, и микротрещин, расположенных в пластинах кремния (рис. 1, б). На изображении поверхности усталостного разрушения видно, что усталостная трещина образуется на поверхности образца (рис. 2, а). Причиной формирования усталостной трещины являются крупные пластины кремния, расположенные на поверхности (рис. 1, а) и в приповерхностном слое (рис. 2, а) образца, которые являются концентраторами критических напряжений. В результате усталостных испытаний при числе циклов 180000 привели к разрушению пластин (рис. 2, б) и формированию протяженных микротрещин (рис. 2, в). Таким образом, формирование при ЭПО в режиме №1 в поверхностном слое микропор и микротрещин, ослабляет материал. Это является определяющим фактором, способствующим лишь незначительному повышению усталостной долговечности материала.

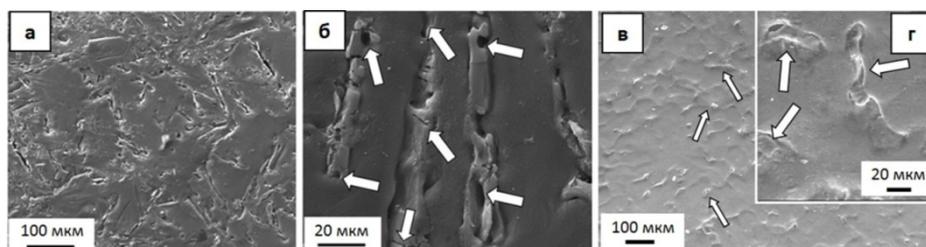


Рис. 1. Структура поверхности образцов силумина, подвергнутых ЭПО. а, б – ЭПО по режиму №1; в, г – ЭПО по режиму №2. Стрелками на (б) указаны микропоры и микротрещины; на (в, г) – частицы кремния

ЭПО по режиму №2, инициирующему высокоскоростное плавление и последующую высокоскоростную кристаллизацию, приводит к существенному измельчению структуры поверхности образца силумина (рис. 1, в). Структура поверхностного слоя по морфологическому признаку отличается от структуры исходного образца и образца, облученного по режиму №1. На поверхности облучения (рис. 1, в) формируется однородная структура зеренного (ячеистого) типа. Области размерами от 30 до 50 мкм разделены прослойками кремния, поперечные размеры которых не превышают 10 мкм (рис. 1, г). Толщина расплавленного слоя изменяется в пределах до 20 мкм (рис. 2, г). Важно, что концентраторы напряжений, способные являться источниками разрушения образца, на кромке излома не обнаруживаются (рис. 2, д). Трещины, параллельные поверхности разрушения, располагаются на некотором удалении от нее, что указывает на то, что концентратор, явившийся причиной разрушения образца, располагался под поверхностью, по всей видимости, на границе раздела жидкой и твердой фаз.

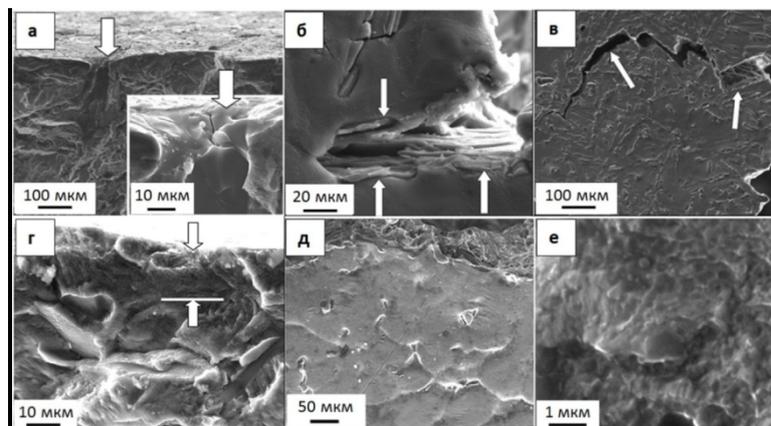


Рис. 2. Изображение поверхности разрушения образцов силумина. а-в – ЭПО по режиму №1, 180000 циклов; г-е – ЭПО по режиму №2, 517000 циклов. Стрелками на (а, в) указаны микротрещины, сформировавшиеся при усталостных испытаниях на поверхности облучения; на (б) – пластины кремния, разрушенные в процессе усталостных испытаний; на (г) – толщина расплавленного электронным пучком поверхностного слоя

Высокоскоростная кристаллизация приводит к формированию двухфазной субзеренной структуры (кремний и твердый раствор на основе алюминия), размеры ячеек которой изменяются в пределах от 100 до 250 нм (рис. 2, е). Формирование подобной субмикро- и наноразмерной многофазной структуры при ЭПО силумина по режиму №2 и является определяющей причиной, способствующей многократному увеличению его усталостной долговечности.

Результаты фрактографических исследований позволили выполнить анализ механизмов усталостного разрушения образцов силумина, подвергнутых ЭПО по различным режимам. Поликристаллический характер структуры (зеренное строение твердого раствора на основе алюминия и большое количество сравнительно крупных пластин кремния) приводит к многократному ветвлению фронта разрушения материала (рис. 3, а-в). Образуется большое число микроскопически видимых параллельно расположенных следов разрушения, что особенно характерно для образцов с максимальным числом циклов до разрушения (рис. 3, в). Установлено, что в исследуемом силумине реализуется смешанный механизм усталостного разрушения. Микрорельеф усталостного излома представлен ямками вязкого разрушения и фасетками квазискола. Ямки являются преобладающим элементом структуры поверхности разрушения и образуются в результате срезания микропор, через которые прошло разрушение зерен алюминия (рис. 3, г). Пластинки кремния разрушаются по механизму скола (рис. 3, д).

На поверхности усталостного разрушения образцов силумина выявляются три характерные зоны — зона усталостного роста трещины (ЗУРТ), зона долома и разделяющая их зона ускоренного роста трещины [14, 15]. Деформационные процессы, протекающие при усталостных испытаниях материала, в полной мере развиваются в зоне усталостного роста трещины и, в существенно меньшей степени, в зоне долома. Ширина зоны усталостного роста трещины в исследуемых образцах силумина коррелированным образом связана с числом циклов до разрушения, т.е. зависит от режима облучения материала электронным пучком. Ширину зоны усталостного роста трещины приравнивают к критической длине трещины [2]. Из анализа табл. 1 видно, что ЭПО силумина по режиму №2 позволяет увеличить критическую длину трещины в ~2 раза, повышая тем самым ресурс работоспособности материала.

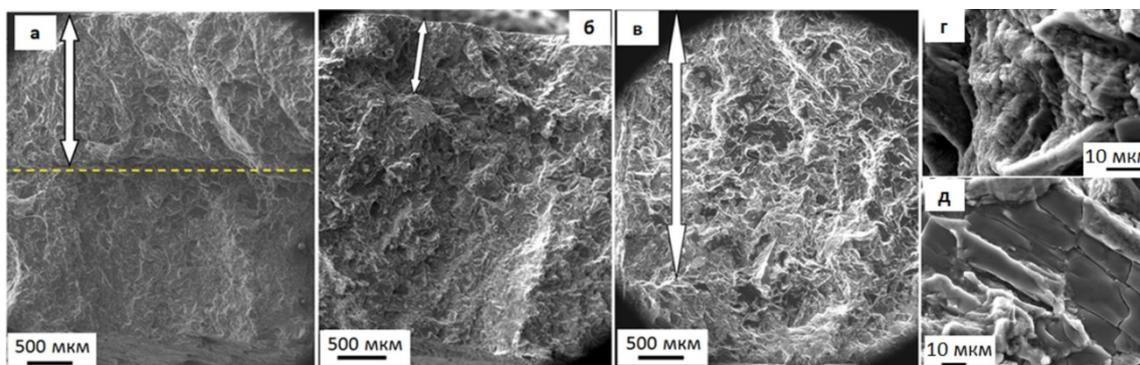


Рис. 3. Фрактография поверхности усталостного разрушения образцов силумина. а, г, д – исходное состояние, 130000 циклов; б – ЭПО по режиму №1, 180000 циклов; в – ЭПО по режиму №2, 517000 циклов. Стрелками указана зона усталостного роста трещины.

По величине отношения площади зоны усталостного роста к площади зоны, занятой доломом, можно судить о значении коэффициента безопасности данного материала: чем меньше это отношение, тем ниже коэффициент безопасности при одной и той же величине нагрузки усталостных испытаний [15]. ЭПО по режиму №2 существенно (в ~1,6 раза) повышает коэффициент безопасности эксплуатации материала (табл. 1).

Таблица 1

Параметры поверхности усталостного разрушения силумина

Режим ЭПО	Ширина ЗУРТ, мм	Коэффициент безопасности	Шаг трещины, мкм
Без ЭПО, 130000 циклов	1,80	0,53	0,75
15 Дж/см ² ; 150 мкс; 3 имп.; 180000 циклов	0,75	0,24	0,95
20 Дж/см ² ; 150 мкс; 5 имп.; 517000 циклов	3,50	0,86	0,28

К важным признакам усталостной зоны разрушения материала относятся усталостные бороздки, являющиеся следом перемещающейся на один шаг трещины за каждый цикл нагружения [2, 14, 15]. Расстояние между бороздками определяется способностью материала сопротивляться распространению усталостной трещины: чем меньше расстояние между бороздками, тем большей сопротивляемостью распространению трещины обладает материал. Из табл. 1 видно, что шаг трещины за один цикл усталостного нагружения в образцах силумина, обработанных по режиму №2, в ~2,7 раза меньше, следовательно, данные образцы обладают заметно более высокой сопротивляемостью распространению усталостной трещины.

4. Заключение

Показано, что в зависимости от параметров ЭПО в поверхностном слое силумина формируются различные состояния структуры. При ЭПО по режиму №1, инициирующему начальную стадию оплавления включений кремния, наблюдается формирование высокодефектного поверхностного слоя, содержащего микропоры и микротрещины, ослабляющие материал. При ЭПО по режиму №2, инициирующему высокоскоростное плавление и последующую высокоскоростную кристаллизацию, в приповерхностном слое толщиной до 20 мкм образуется структура ячеистого типа с распределенным по границам ячеек кремнием в виде протяженных наноразмерных прослоек или включений глобулярной формы.

Выполнен анализ механизмов усталостного разрушения образцов силумина, подвергнутых электронно-пучковой обработке по различным режимам. Выявлено, что источниками усталостных микротрещин являются крупные пластины кремния микронных и субмикронных размеров, не растворившиеся при ЭПО.

Облучение поверхности образцов силумина пучком электронов по оптимальному режиму №2 позволяет (1) увеличить критическую длину трещины в 2 раза, повышая тем самым ресурс работоспособности материала; (2) увеличить в 1,6 раза коэффициент безопасности эксплуатации материала; (3) уменьшить в 2,7 раза шаг трещины за один цикл усталостного нагружения, что говорит о более высокой сопротивляемости распространению усталостной трещины.

Установлено, что основными причинами повышения усталостной долговечности силумина, облученного интенсивным импульсным электронным пучком, являются формирование в поверхностном слое многофазной субмикро- и наноразмерной структуры и измельчение крупных пластин кремния.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук (проект МД-2920.2015.8) и государственного задания № 3.1496.2014/К.

Литература.

1. Терентьев В.Ф. Циклическая прочность металлических материалов / В.Ф. Терентьев, А.А. Оксогов. – Новосибирск: НГТУ, 2001. – 80 с.
2. Коцаньда С. Усталостное разрушение металлов / С. Коцаньда. – М.: Металлургия, 1976. – 456 с.
3. Багмутов В.П. Влияние структурного состояния углеродистых сталей на усталостную прочность при электромеханическом упрочнении / В.П. Багмутов, С.Н. Паршев, В.Ю. Притыченко // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2008. – №9(47). – С. 5–7.
4. Грибков В.А. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки металлов: монография / В.А. Грибков, Ф.И. Григорьев, Б.А. Калинин [и др.]. – М.: Круглый год, 2001. – 528 с.
5. Proskurovsky D.I. Physical foundations for surface treatment of materials with low energy, high current electron beams / D.I. Proskurovsky, V.P. Rotshtein, G.E. Ozur, Yu.F. Ivanov, A.B. Markov // Surface and Coatings Technology. – 2000. – is. 125. – P. 49–56.
6. Hu J.J. Microstructure characteristics and properties of 40Cr steel treated by high current pulsed electron beam / J.J. Hu, G.B. Zhang, H.B. Xu, Y.F. Chen // Materials Science and Technology. – 2012. – vol. 27 (4). – P. 300–303.
7. Hao S.Z. Fundamentals and applications of material modification by intense pulsed beams / S.Z. Hao, Y. Qin, X. X. Mei [et. al.] // Surface and Coatings Technology. – 2007. – vol. 201. – P. 8588–8595.
8. Hao Y. Influence of high current pulsed electron beam (HCPEB) treatment on wear resistance of hypereutectic Al-17.5Si and Al-20Si Alloys / Y. Hao, B. Gao, G.F. Tu [et. al.] // Materials Science Forum. – 2011. – vol. 675–677. – P. 693–696.
9. Строганов, Г. Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г. Б. Строганов, В. А. Ротенберг, Г. Б. Гершман. – М.: Металлургия, 1977. – 272 с.

10. Gromov V.E. Fatigue of steels modified by high intensity electron beams / V.E. Gromov, Yu.F. Ivanov, S.V. Vorobiev, S.V. Kononov. – Cambridge : Cambridge International Science Publishing Ltd, 2015. – 272 p.
11. Ласковнев А.П. Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой / А.П. Ласковнев, Ю.Ф. Иванов, Е.А. Петрикова [и др.]. – Минск: «Белорусская наука», 2013. – 287 с.
12. Коновалов С.В. Влияние электронно-пучковой обработки на изменение структуры силумина при многоциклового усталости / С.В. Коновалов, К.В. Алсараева, Ю.Ф. Иванов, В.Е. Громов, Е.А. Петрикова, А.Д. Тересов // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. – 2015. – Т. 12, № 2. – С. 193–197.
13. Ivanov Yu.F. Fatigue Life of Silumin Treated with a High-Intensity Pulsed Electron Beam / Yu.F. Ivanov, K.V. Alsaraeva, V.E. Gromov, N.A. Popova, S.V. Kononov // *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. – 2015. – vol. 9, is. 5. – P. 1056–1059.
14. Иванова В.С. Количественная фрактография. Усталостное разрушение / В.С. Иванова, А.А. Шаняевский. – Челябинск: Металлургия, 1988. – 396 с.
15. Терентьев В.Ф. Усталость металлических материалов / В.Ф. Терентьев. – М. : Наука, 2003. – 254 с.

ПЛАЗМЕННЫЙ РЕАКТОР ДЛЯ СИНТЕЗА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Г.В. Галевский**, д.т.н., проф., *В.В. Руднева**, д.т.н., проф., *С.Г. Галевский***, к.э.н., доц.

**Сибирский государственный индустриальный университет*

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. 8-(3843)-74-89-13

E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

***Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»*

199106, г. Санкт-Петербург, 21-ая линия Васильевского острова, д. 2, тел. 8-(812)-328-84-96

E-mail: nirs@spmi.ru

Введение. В настоящее время в Сибирском государственном индустриальном университете накоплен значительный опыт исследования и эксплуатации трехструйного прямоточного плазменного реактора с электродуговыми плазмотронами и применения его для синтеза тугоплавких карбидов, боридов, их композиций. Однако опубликованные ранее результаты получены для лабораторного плазменного реактора мощностью 30-50 кВт, не содержат проектно-технологических предложений и рекомендаций по выходу на промышленный уровень и полной информации по его теплотехническим и технологическим характеристикам [1 - 6]. В связи с этим в настоящей работе решались следующие вопросы:

- 1) определение для трехструйного реактора промышленного уровня мощности, конструктивных и теплотехнических условий его достижения;
- 2) определение среднemasсовой температуры плазменного потока;
- 3) определение удельной электрической мощности в камере смешения;
- 4) определение ресурса работы плазмотронов;
- 5) оценка загрязнения тугоплавких соединений продуктами эрозии электродов плазмотронов.

Определение промышленного уровня мощности трехструйного реактора. При решении этого вопроса учитывалось, что для эффективной переработки дисперсного сырья удельная энтальпия плазменного потока на входе в реактор должна составлять 7,5-8,5 МДж/кг; начальная скорость плазменного потока не должна превышать 60-65 м/с; для генерации плазмы должны использоваться плазмотроны с газовихревой стабилизацией электрической дуги, т.к. установка соленоидов конструктивно и технологически затруднена; плазмотроны должны работать на азоте и смеси его с водородом [7].

На рис. 1 представлены экспериментально определенные методом секционного калориметрирования значения теплового КПД плазмотронов для реакторов мощностью 30, 50, 80, 120 и 150 кВт с плазмотронами ЭДП-104А и прогнозируемые значения теплового КПД плазмотронов для реакторов мощностью 200 и 250 кВт с плазмотронами ЭДП-114. Можно видеть, что в области промышленного уровня мощности 150-250 кВт тепловой КПД плазмотронов близок к 0,50. Требуемые для процессов плазмометаллургического производства тугоплавких соединений значения удельной энтальпии достигаются при мощности плазмотронов 80-150 кВт. При этом повышение мощности от 80 до 150 кВт обеспечивает увеличение массы генерируемого газа с требуемым уровнем энтальпии в 2 раза.

Определение среднemasсовой температуры плазменного потока. Для тепловой защиты стенки канала реактора и снижения размеров пристеночной низкотемпературной зоны канал реакто-

ра футеровался цилиндрическими вставками из диоксида циркония с толщиной стенок 0,005 м и наружным диаметром 0,064 м, уменьшающим его диаметр до 0,054 м. Методом секционного калориметрирования исследовано продольное распределение теплового потока, среднемассовой температуры и температуры внутренней поверхности футерованной и нефутерованной стенки реактора. Тепловой поток в каждой секции определялся по тепловому балансу путем измерения нагрева охлаждающей воды. Распределение среднемассовой температуры плазменного потока по длине реактора рассчитывалось по величине среднемассовой энтальпии. При этом энтальпия потока газа на выходе из секции принималась меньшей, чем на входе, на количество энергии, переданной газом к стенкам этой секции. Среднемассовая энтальпия находилась как среднеарифметическое от входного и выходного значения энтальпии. Температура внутренней поверхности футеровки и нефутерованной стенки реактора рассчитывалась по экспериментально определенным значениям теплового потока.

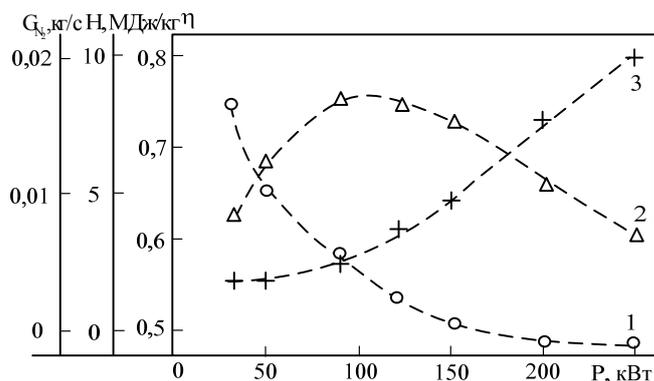


Рис. 1. Зависимость теплового КПД (η , 1), удельной энтальпии плазменного потока на входе в реактор (H , 2), массового расхода плазмообразующего газа (G_{N_2} , 3) от мощности реактора

Основные результаты исследований представлены на рис. 2 и 3. Можно видеть, что применение футеровки из диоксида циркония обеспечивает повышение среднемассовой температуры потока и температуры стенки: на длине реактора 12 калибров среднемассовая температура изменяется с 5500 К до 3200 К, а температура стенки изменяется в пределах 1900-850 К. Для нефутерованного канала реактора эти характеристики изменяются в пределах 5500 – 2650 К и 800 – 350 К.

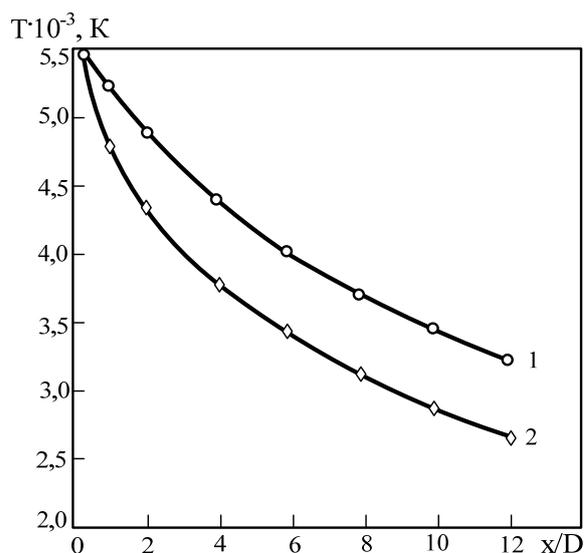


Рис. 2. ($T(1) = (5500 \div 3200) \pm (100 \div 60)$; $T(2) = (5500 \div 2650) \pm (100 \div 55)$). Продольное распределение среднемассовой температуры для реактора с футеровкой из диоксида циркония (1) и нефутерованного реактора (2)

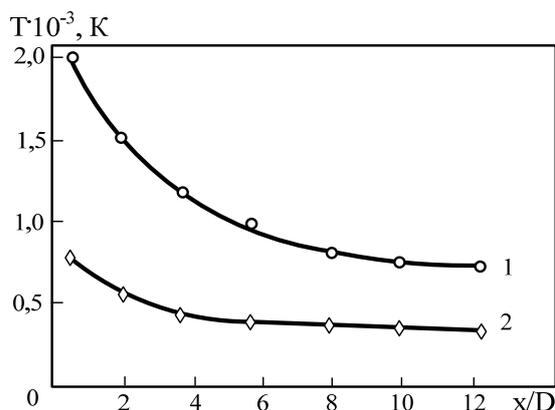


Рис. 3. $T(1) = (1900 \div 850) \pm (35 \div 15)$; $T(2) = (800 \div 350) \pm (10 \div 5)$. Продольное распределение температуры внутренней поверхности футеровки из диоксида циркония (1), нефутерованной стенки реактора (2)

Определение удельной электрической мощности. Удельная электрическая мощность, определяемая как отношение подведенной к реакционной зоне мощности к ее объему, является важнейшей характеристикой современного электротермического оборудования и изменяется в пределах от величины $0,2 \text{ МВт/м}^3$, характерной для большинства электропечей, до очень большой величины – 3750 МВт/м^3 , свойственной только реакционной камере высокого давления для синтеза алмазов [].

Удельная электрическая мощность определялась как

$$W_{\text{уд.}} = \frac{P}{V_{\text{р.к.}}} = \frac{P_0 \cdot \eta}{0,785 \cdot D_p^2 \cdot L_{\text{р.з.}}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{уд.}}$ – удельная электрическая мощность, МВт/м^3 ;

P_0 – суммарная мощность, кВт;

D_p – внутренний диаметр канала реактора, м;

$L_{\text{р.з.}}$ – длина реакционной зоны, м;

P – мощность, подведенная к камере смешения, кВт;

$V_{\text{р.з.}}$ – объем реакционной зоны, м^3 ;

η – тепловой КПД плазмотронов.

Значения удельной электрической мощности, рассчитанные для теплоизолированного диоксидом циркония канала реактора диаметром $0,054 \text{ м}$ и значений мощности плазмотронов $85, 100, 125, 150 \text{ кВт}$, составляют $625, 688, 813$ и 1214 МВт/м^3 соответственно, что значительно превышает этот показатель для традиционного электротермического оборудования.

Определение ресурса работы плазмотронов. Ресурс работы плазмотрона, определяемый эрозией материалов электродов, является его важнейшей характеристикой. Катодные и анодные пятна электрических дуг на холодных электродах характеризуются чрезвычайно высоким уровнем плотности теплового потока, достигающего 10^4 - 10^5 МВт/м^2 [9]. Такие тепловые нагрузки в стационарном режиме не в состоянии выдержать ни один из известных материалов. Для обеспечения приемлемого уровня эрозии электрода приэлектродные участки дуги перемещают по поверхности электрода воздействием на них аэродинамических или электродинамических сил. При перемещении опорного пятна дуги поверхность электродов подвергается циклическим тепловым ударам, в результате чего возникают трещины материала электродов, что приводит к его механическому разрушению, снижению тепло- и электропроводности. Поэтому скорость эрозии электродов связана с физическими процессами в приэлектродных областях дугового разряда, на поверхности электрода и внутри кристаллической решетки металла, из которого он изготовлен. Она определяется такими нестационарными процессами как крупно- и мелкомасштабное шунтирование дуги, воздействие на дуговой столб внешнего магнитного поля, аэродинамика потока газа в плазмотроне. Для катода эрозия также зависит от его диаметра и конструктивного исполнения, состава плазмообразующего газа, силы тока, цикличности работы (числа включений плазмотронов), качества теплового контакта поверхностей вольфрамового стержня и медного катододержателя. Эрозия медного анода определяется такими факторами, как условия охлаждения дуги, сила тока, величина магнитной индукции, защита поверхности анода инертным или природным газом. Интегральной характеристикой процессов эрозии электродов является удельная эрозия, измеряемая в кг/Кл . Величина удельной эрозии вольфрамового катода в

азоте при атмосферном давлении, концентрации кислорода до 0,5 % и силе тока 250-300 А лежит в пределах $(2\div 5) \cdot 10^{-12}$ кг/Кл, а при увеличении концентрации кислорода до 1,5 % достигает $(2\div 4) \cdot 10^{-8}$ кг/Кл. Величина удельной эрозии медного цилиндрического анода также в значительной степени определяется присутствием в рабочем газе кислорода. Так, при силе тока 180 А в высокочистом азоте, содержащем около 0,001 % кислорода, удельная эрозия оценивается на уровне $10^{-12}\div 10^{-11}$ кг/Кл, а в азоте технической чистоты (кислорода до 0,5 %) она возрастает более чем на порядок.

Обычно ресурс работы плазмотрона принимается равным меньшему значению ресурса работы одного из электродов. Экспериментальное определение ресурса работы электродов весьма трудоемко и затратно. В связи с этим ресурс работы анода и катода оценивался расчетным путем. Для этого сложный профиль изношенной части анода в месте привязки электрической дуги за уступом принимается подобным треугольнику, а диаметр образующегося в катоде под воздействием дуги кратера – равным диаметру привязки дуги. Определено, что при силе тока 200 А и удельной эрозии анода $5 \cdot 10^{-12}$ кг/Кл, катода $1 \cdot 10^{-12}$ кг/Кл ресурсы работы анода и катода составляют 4700 и 111 ч.

Таким образом, ресурс непрерывной работы плазмотрона определяется ресурсом работы катода и превышает 100 ч, что соответствует паспортным данным. Однако следует отметить, что принятые значения удельной эрозии для анода и катода соответствуют условиям, когда в плазмообразующий газ (азот технической чистоты) добавляется природный газ для связывания кислорода и защиты электродов, что свидетельствует о целесообразности технологической реализации этого способа повышения ресурса работы электродов.

Оценка загрязнения тугоплавких соединений продуктами эрозии электродов плазмотрона. В настоящее время в соответствующей технической литературе достаточно распространено мнение о том, что применение электродуговых плазмотронов в плазменных реакторах ограничено из-за сильного загрязнения получаемых материалов продуктами эрозии электродов плазмотронов, т.е. вольфрамом катода и медью анода [10]. В связи с этим проведена оценка возможного загрязнения тугоплавких соединений продуктами эрозии электродов для следующих условий: производительность реактора по карбиду или бориду – 3,0 кг/ч, удельная эрозия медного анода $5 \cdot 10^{-12}$ кг/Кл, вольфрамового катода $1 \cdot 10^{-12}$ кг/Кл, ресурс работы 4700 и 111 часов для анода и катода соответственно. Тогда масса продуктов эрозии, образовавшихся за 1 час, составит для

$$\text{медного анода } m_{Cu} = \frac{8,9 \cdot 10^3 \cdot 1,88 \cdot 10^{-6}}{4700} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг,}$$

$$\text{для вольфрамового катода } m_W = \frac{19,34 \cdot 10^3 \cdot 0,42 \cdot 10^{-8}}{111} = 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ кг.}$$

$$\text{Это соответствует содержанию в карбиде или бориде меди } \frac{0,0036}{3000 + 0,0036} \cdot 100 \% = 0,0001 \%,$$

$$\text{вольфрама } \frac{0,00072}{3000 + 0,00072} \cdot 100 \% = 0,00002 \%.$$

Полученные значения свидетельствуют об отсутствии фактической угрозы для загрязнения тугоплавких соединений примесями меди и вольфрама и снижения в связи с этим их потребительских свойств.

Выводы. Исследованы теплотехнические, ресурсные и технологические характеристики трехструйного плазменного реактора с каналом диаметром 0,054 м. Установлено, что сочетание теплового КПД, требуемой удельной энтальпии плазмообразующего газа и его массового расхода, близкое к оптимальному, достигается при мощности реактора 150 кВт. Среднемассовая температура плазменного потока на длине реактора 12 калибров при теплоизоляции его цилиндром из диоксида циркония толщиной 0,005 м изменяется в пределах 5500÷3200 К, а температура стенки – 1900÷850 К. Удельная электрическая мощность достигает 1214 МВт/м³. Расчетный ресурс работы электродов составляет для медного анода 4700, вольфрамового катода 111 часов. Прогнозируемое загрязнение карбидов и боридов продуктами эрозии электродов не превышает 0,0001 % меди и 0,00002 % вольфрама.

Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.1531/2014/К.

Литература.

1. Zhukov M.F. Thermal plasma in technology of new materials: monograph / M.F. Zhukov [etc.]. – Cambridge, 1994. – 580 p.
2. Руднева В.В. Исследование теплотехнических характеристик трехструйного плазменного реактора / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский, Е.К. Юркова // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2007. - № 2. – С. 57 – 60.
3. Руднева В.В. Исследование и совершенствование реактора для плазмометаллургического производства нанокарбида кремния / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский // Деп. ВИНТИ РАН № 1072. – В 2007. 20.11.2007. – 15 с.
4. Руднева В.В. Модифицирование нитрида кремния в плазмометаллургическом реакторе / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский // Деп. ВИНТИ РАН № 1074 – В 2007. 20.11.2007. – 14 с.
5. Пат. № 2327638 РФ МПК С01В 31/36. Способ получения карбида кремния / Г.В. Галевский, С.Г. Галевский, В.В. Руднева, О.А. Полях. – СибГИУ. - № 2006143225/15; заявл. 06.12.2006; опубл. 27.06.2008. Бюл. № 18. – 6 с.
6. Ноздрин И.В. Модельно-математическое исследование условий эффективной переработки хром-содержащего сырья в плазменном реакторе / И.В. Ноздрин, В.В. Руднева, Л.С. Ширяева, М.А. Терентьева // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2012. - № 2. – С. 13 – 18.
7. Nozdrin I.V. Chrome carbide – nanotechnology, properties, application: monograph / I.V. Nozdrin, L.S. Shiryaeva. – Saarbruecken (Germany): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 297 p.
8. Дигонский С.В. Неизвестный водород / С.В. Дигонский, В.В. Тен. – СПб. : Наука, 2006. – 292 с.
9. Плазмотроны. Исследование. Проблемы / М.Ф. Жуков [и др.]. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1995. – 202 с.
10. Технология плазмохимических производств / В.Д. Пархоменко [и др.]. – К. : Выща шк., 1991. – 255 с.

РАСЧЕТ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ПРЕССА

*В.А. Аксютин, к.т.н., доцент, А.А. Скотников, ассистент, А.С. Шабанов, аспирант
Новосибирский государственный технический университет
630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)3460758
E-mail: ava_toe@mail.ru*

Для реализации импульсных технологий широкое практическое применение получили электромагнитные ударные машины, принцип действия которых основан на взаимодействии магнитного поля катушки с ферромагнитным сердечником [1–3].

Использование данного принципа действия дает возможность передавать силовые импульсы исполнительным органам непосредственно через возвратно-поступательное движение ударной массы, минуя процесс преобразования вращательного движения через систему редукторов в возвратно-поступательное [4, 5].

Опыт создания приводов с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) свидетельствует о большом многообразии конструктивных схем машин и устройств на их основе [6–9].

Конструктивным преимуществом машин и устройств на базе ЛЭМД, прежде всего, считается их высокая надежность к ударным нагрузкам, большой рабочий ресурс и высокая экологичность, так как не требуется использования смазочных материалов.

Применение форсированных режимов работы обеспечивает достаточно простой механизм увеличения энергии удара в объеме ЛЭМД [10–12].

Основы рационального конструирования и расчета ЛЭМД по-прежнему считаются востребованными и продолжают совершенствоваться, при этом широко используются как статические, так и динамические подходы [13–25].

Один из вариантов электромагнитного пресса созданного малым инновационным предприятием «Электрика» НГТУ представлен на рис. 1. [26].

На рис. 2 приведена конструкция применяемого в качестве привода ЛЭМД и линии распределения магнитного потока в магнитной системе, полученные с помощью численного расчета магнитного поля в программе FEMM [27, 28].



Рис. 1. Электромагнитный пресс.

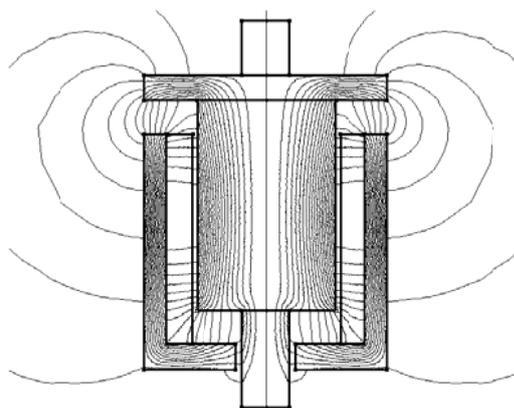


Рис. 2. Электромагнитный двигатель пресса и картина распределения линий поля магнитного потока.

Электромагнитный пресс (рис.1) содержит линейный электромагнитный двигатель, блок питания и управления, пульт управления и формообразующее устройство для деформации ударом.

Важной составляющей проектного расчета электромагнитного пресса является расчет статической тяговой характеристики, которая, в конечном счете, определяет потенциальные возможности пресса в совершении полезной механической работы при движении якоря.

В расчетах приняты следующие допущения: в области рабочих воздушных зазоров учитываем только аксиальную составляющую магнитного потока. В областях занятых обмоткой учитываем радиальную составляющую потока. Области рабочих зазоров рассматриваются как участки якоря, отличающиеся от него только магнитной проницаемостью, магнитным сопротивлением стали, по сравнению с сопротивлением воздушных промежутков пренебрегаем. Расчет распределения магнитного потока производим по участкам расположенным по длине осевой линии совпадающей с осью z на рис. 3.

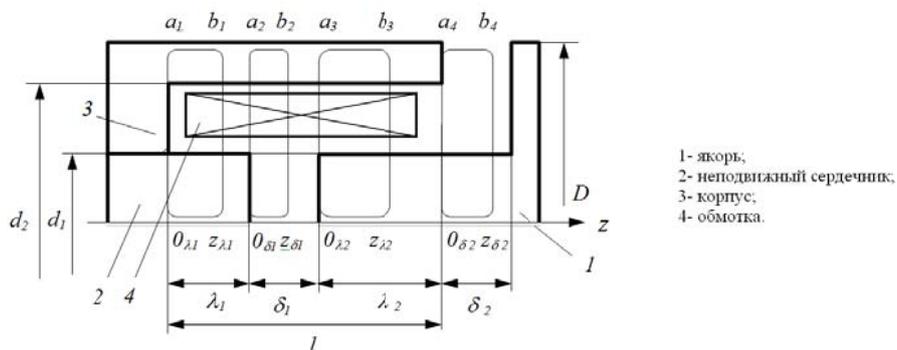


Рис. 3. Расчетная область двигателя пресса

В начале расчета, полагаем, что магнитный поток через сечение неподвижного сердечника, проходящее через точку $O_{\lambda 1}$ равен Φ_o . Поток на первом участке через сечение сердечника, отстоящее от точки $O_{\lambda 1}$ на расстоянии $z_{\lambda 1}$

$$\Phi_{z_{\lambda 1}} = \Phi_o - \int_{O_{\lambda 1}}^{z_{\lambda 1}} d\Phi_{z_{\lambda 1}}, \quad (1)$$

где $d\Phi_{z_{\lambda 1}}$ - элементарный поток рассеяния между сердечником и корпусом.

Величина элементарного потока рассеяния определяется из уравнения, составленного на основании закона полного тока при обходе контура $z_{\lambda 1} b_1 a_1 O_{\lambda 1} z_{\lambda 1}$. На основании закона полного тока

$$\frac{d\Phi_{z_{\lambda 1}}}{gz_{\lambda 1}} = \frac{Iw}{l} z_{\lambda 1}, \quad (2)$$

где $g = \frac{2\pi\mu_o}{\ln(d_2/d_1)}$ - удельная проводимость рассеяния между неподвижным сердечником и корпусом; $\mu_o = 4\pi 10^{-7}$ Гн/м; Iw - полная намагничивающая сила обмотки.

Выразив значение потока $d\Phi_{z_{\lambda 1}}$ из (2) и выполнив подстановку в (1) получим

$$\Phi_{z_{\lambda 1}} = \Phi_o - g \int_{O_{\lambda 1}}^{z_{\lambda 1}} \frac{Iw}{l} z_{\lambda 1} dz_{\lambda 1}.$$

После интегрирования получим

$$\Phi_{z_{\lambda 1}} = \Phi_o - g \frac{Iw}{2l} z_{\lambda 1}^2 \quad (3)$$

Магнитный поток, входящий в первый воздушный рабочий зазор δ_1 второго участка

$$\Phi_{\delta 1} = (\Phi_{z_{\lambda 1}})_{z_{\lambda 1}=\lambda_1} = \Phi_o - g \frac{Iw}{2l} \lambda_1^2 \quad (4)$$

Из соотношений (3) и (4) для потока $\Phi_{z_{\lambda 1}}$ получим

$$\Phi_{z_{\lambda 1}} = \Phi_{\delta 1} + g \frac{Iw}{2l} (\lambda_1^2 - z_{\lambda 1}^2) \quad (5)$$

Магнитный поток через сечение рабочего зазора δ_1 , отстоящий от точки $O_{\delta 1}$ на расстоянии $z_{\delta 1}$, равен

$$\Phi_{z_{\delta 1}} = \Phi_{\delta 1} - \int_{O_{\delta 1}}^{z_{\delta 1}} d\Phi_{z_{\delta 1}} \quad (6)$$

Величина элементарного потока рассеяния $d\Phi_{z_{\delta 1}}$ на втором участке

$$\frac{d\Phi_{z_{\delta 1}}}{gz_{\delta 1}} - U_{O_{\delta 1}} + \int_{O_{\delta 1}}^{z_{\delta 1}} \frac{\Phi_{z_{\delta 1}}}{\mu_o S_{\delta 1}} dz_{\delta 1} = \frac{Iw}{l} z_{\delta 1}, \quad (7)$$

где $S_{\delta 1}$ - приведенное сечение воздушного зазора δ_1 ; $U_{O_{\delta 1}}$ - разность магнитных потенциалов.

Дифференцируя (5) получим $U_{O_{\delta 1}} = \left(-\frac{d\Phi_{z_{\lambda 1}}}{gz_{\lambda 1}} \right)_{z_{\lambda 1}=\lambda_1} = \frac{Iw}{l} \lambda_1$.

Произведя соответствующую подстановку $d\Phi_{z_{\delta 1}}$ из (7) в (6) и дважды продифференцировав, имеем

$$\frac{d^2\Phi_{z_{\delta 1}}}{gz_{\delta 1}^2} - \frac{\Phi_{z_{\delta 1}}}{\mu_o S_{\delta 1}} = -\frac{Iw}{l} \quad (8)$$

Решение неоднородного дифференциального уравнения второго порядка (8) будем искать в виде

$$\Phi_{z_{\delta 1}} = \frac{Iw}{l} \mu_o S_{\delta 1} + c_1 e^{p_1 z_{\delta 1}} + c_2 e^{-p_1 z_{\delta 1}}, \quad (9)$$

где $p_1 = \sqrt{g/\mu_0 S_{\delta 1}}$.

Постоянные интегрирования c_1 и c_2 найдем из условия, что при $z_{\delta 1} = 0$

$$\left(\Phi_{z_{\delta 1}}\right)_{z_{\delta 1}=0} = \Phi_{\delta 1}; \quad \left(\frac{d\Phi_{z_{\delta 1}}}{gz_{\delta 1}}\right)_{z_{\delta 1}=0} = -U_{O_{\delta 1}},$$

$$\text{Находим: } c_1 = 0,5 \left[\Phi_{\delta 1} - \frac{Iw}{l} \left(\mu_0 S_{\delta 1} + \frac{g\lambda_1}{p_1} \right) \right] \text{ и } c_2 = 0,5 \left[\Phi_{\delta 1} + \frac{Iw}{l} \left(\frac{g\lambda_1}{p_1} - \mu_0 S_{\delta 1} \right) \right].$$

После подстановки c_1 и c_2 в уравнение (9) и выполнения простых преобразований окончательно получаем

$$\Phi_{z_{\delta 1}} = \Phi_{\delta 1} ch p_1 z_{\delta 1} + \frac{Iw}{l} \left[\mu_0 S_{\delta 1} (1 - ch p_1 z_{\delta 1}) - \frac{g\lambda_1}{p_1} sh p_1 z_{\delta 1} \right].$$

Магнитный поток через сечение якоря, отстоящее от точки $O_{\lambda 2}$ на расстоянии $z_{\lambda 2}$

$$\Phi_{z_{\lambda 2}} = \Phi_{O_{\lambda 2}} - \int_{O_{\lambda 2}}^{z_{\lambda 2}} d\Phi_{z_{\lambda 2}}, \quad (10)$$

где $\Phi_{O_{\lambda 2}}$ - поток, входящий в сечение якоря в точке с координатой $O_{\lambda 2}$.

Величина элементарного потока $d\Phi_{z_{\lambda 2}} = \frac{d\Phi_{z_{\lambda 2}}}{gz_{\lambda 2}} - U_{O_{\lambda 2}} = \frac{Iw}{l} z_{\lambda 2}$, из которого следует

$$d\Phi_{z_{\lambda 2}} = (U_{O_{\lambda 2}} + \frac{Iw}{l} z_{\lambda 2}) gz_{\lambda 2} \quad (11)$$

После подстановки (11) в (10) и выполнения операции интегрирования имеем:

$$\Phi_{z_{\lambda 2}} = \Phi_{O_{\lambda 2}} - g U_{O_{\lambda 2}} z_{\lambda 2} - g \frac{Iw}{2l} z_{\lambda 2}^2,$$

$$\text{где } \Phi_{O_{\lambda 2}} = \left(\Phi_{z_{\delta 1}}\right)_{z_{\delta 1}=\delta 1}; \quad U_{O_{\lambda 2}} = \left(-\frac{d\Phi_{z_{\delta 1}}}{gz_{\delta 1}}\right)_{z_{\delta 1}=\delta 1}.$$

$$\text{Определяем: } \Phi_{O_{\lambda 2}} = \Phi_{\delta 1} ch p_1 \delta_1 + \frac{Iw}{l} \left[\mu_0 S_{\delta 1} (1 - ch p_1 \delta_1) - \frac{g\lambda_1}{p_1} sh p_1 \delta_1 \right],$$

$$U_{O_{\lambda 2}} = -\Phi_{\delta 1} \frac{p}{g} sh p_1 \delta_1 + \frac{Iw}{l} \left[\frac{p_1}{g} \mu_0 S_{\delta 1} sh p_1 \delta_1 + \lambda_1 ch p_1 \delta_1 \right].$$

Поток в сечении рабочего воздушного зазора δ_2 нормальном оси и отстоящий от точки $O_{\delta 2}$

$$\Phi_{z_{\delta 2}} = \frac{Iw}{l} \mu_0 S_{\delta 2} + c_3 e^{p_2 z_{\delta 2}} + c_4 e^{-p_2 z_{\delta 2}},$$

$$\text{где } p_2 = \sqrt{g/\mu_0 S_{\delta 2}}.$$

Постоянные интегрирования находим из условия, что при $z_{\delta 2} = 0$

$$\left(\Phi_{z_{\delta 2}}\right)_{z_{\delta 2}=0} = \Phi_{\delta 2}; \quad \left(\frac{d\Phi_{z_{\delta 2}}}{gz_{\delta 2}}\right)_{z_{\delta 2}=0} = -U_{O_{\delta 2}},$$

где $U_{O_{\delta 2}}$ - разность магнитных потенциалов между якорем и корпусом в начале рабочего воздушного зазора

$$U_{O_{\delta 2}} = \left(-\frac{d\Phi_{z_{\lambda 2}}}{gz_{\lambda 2}}\right)_{z_{\lambda 2}=\lambda 2} = \frac{Iw}{l} \lambda_2$$

$$\text{Определяем: } c_3 = 0,5 \left[\Phi_{\delta 2} - \frac{Iw}{l} \left(\mu_0 S_{\delta 2} + \frac{g\lambda_2}{p_2} \right) \right] \text{ и } c_4 = 0,5 \left[\Phi_{\delta 2} + \frac{Iw}{l} \left(\frac{g\lambda_2}{p_2} - \mu_0 S_{\delta 2} \right) \right].$$

Подставляя соответствующие значения постоянных интегрирования c_3 и c_4 в уравнение (12), получим:

$$\Phi_{z\delta_2} = \Phi_{\delta_2} ch p_2 z_{\delta_2} + \frac{Iw}{l} \left[\mu_0 S_{\delta_2} (1 - ch p_2 z_{\delta_2}) - \frac{g \lambda_2}{p_2} sh p_2 z_{\delta_2} \right],$$

$$\text{где } \Phi_{\delta_2} = \left(\Phi_{z\lambda_2} \right)_{z\lambda_2=\lambda_2} = \Phi_{O\lambda_2} - g U_{O\lambda_2} \lambda_2 - g \frac{Iw}{2l} \lambda_2^2$$

На основании уравнения баланса намагничивающих сил системы для контура $O_{\lambda_1 z_{\delta_2}} b_4 a_1 O_{\lambda_1}$ запишем

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\mu_0 S_{\delta_1}} \int_{O_{\delta_1}}^{\delta_1} \left\{ \Phi_{\delta_1} ch p_1 z_{\delta_1} + \frac{Iw}{l} \left[\mu_0 S_{\delta_1} (1 - ch p_1 z_{\delta_1}) - \frac{g \lambda_1}{p_1} sh p_1 z_{\delta_1} \right] \right\} dz_{\delta_1} + \\ & + \frac{1}{\mu_0 S_{\delta_2}} \int_{O_{\delta_2}}^{\delta_2} \left\{ \Phi_{\delta_2} ch p_2 z_{\delta_2} + \frac{Iw}{l} \left[\mu_0 S_{\delta_2} (1 - ch p_2 z_{\delta_2}) - \frac{g \lambda_2}{p_2} sh p_2 z_{\delta_2} \right] \right\} dz_{\delta_2} = Iw \end{aligned}$$

Подставляя найденные значения потоков входящих в уравнение баланса и выполнив операции интегрирования, получим выражение для потока Φ_{δ_1} как функцию намагничивающей силы и геометрических размеров. Тяговое усилие, действующее в i -ом рабочем зазоре с учетом того, что магнитная система практически линейна и результирующее тяговое усилие

$$F_i = \frac{\Phi_{\delta_i}^2}{2\mu_0 S_{\delta_i}}; \quad F = \sum_{i=1}^m F_i.$$

Приведенное сечение рабочего воздушного зазора определялось как $S_{\delta_i} = \frac{G_{\delta_i} \delta_i}{\mu_0}$, где G_{δ_i} –

полная проводимость рабочего зазора.

Расчет по предлагаемой методике выполнен при помощи математической системы Mathcad. Сравнение расчетных и экспериментальных данных для двигателя с вполне определенной конфигурацией магнитной цепи показало, что полученные формулы для расчета электромагнитного усилия достаточно точно описывают начальный ход тяговой характеристики при относительно больших воздушных зазорах. При уменьшении воздушного рабочего зазора погрешность расчета возрастает, что обусловлено необходимостью учета падения магнитного потенциала в стальных участках магнитопровода, которым по данной методике пренебрегают.

Литература.

1. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – №1. – С. 256–259.
2. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Исследование двухкатушечной синхронной электромагнитной машины с инерционным реверсом бойка // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 109–110.
3. Нейман Л.А. Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 6 (207). – С. 17–19.
4. Нейман Л.А. Анализ процессов энергопреобразования в однокатушечной синхронной электромагнитной машине с двухсторонним выбегом бойка // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 4. – С. 112–116.
5. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 48–52.
6. Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ. ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
7. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
8. Нейман В.Ю. К вопросу о рационализации рабочих процессов и выбора конструктивных схем электромагнитных ударных машин // Автоматизированные электромеханические системы: Коллективная монография / Новосибир. гос. техн. ун-т; Под ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 155–169.

9. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Новые конструктивные решения проблемы точной синхронизации возвратно-поступательного движения бойка неуправляемой электромагнитной машины ударного действия // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 280–285.
10. Нейман В.Ю. Режимы форсированного аккумуляирования магнитной энергии в импульсных линейных электромагнитных двигателях // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2003. – № 1. – С. 105–112.
11. Нейман В.Ю., Петрова А.А. Сравнение способов форсировки импульсных линейных электромагнитных двигателей // Электротехника. – 2007. – № 9. – С. 47а–50.
12. Способы повышения энергетических показателей однообмоточных импульсных устройств с электромагнитным возбуждением / В.Ю. Нейман, Д.М. Евреинов, Л.А. Нейман, А.А. Скотников, Ю.Б. Смирнова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – № 8. – С. 29–31.
13. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
14. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель электромеханической системы колебательно-го движения с упругими связями // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 6. – С. 35–40.
15. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Моделирование динамических процессов в электромагнитных преобразователях энергии для систем генерирования силовых воздействий и низкочастотных вибраций // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 4. – С. 154–162.
16. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Динамическая модель электромагнитного привода колебательного движения для систем генерирования низкочастотных вибраций // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2015. – № 3(28). – С. 75–87.
17. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Повышение точности аналитического расчета радиальных сил одностороннего магнитного притяжения некоаксиальных элементов магнитопровода // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (58). – С. 246–256.
18. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Применение метода проводимостей для учета силы одностороннего магнитного притяжения асимметричного электромагнита // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 2 (97). – С. 214–218.
19. Нейман В.Ю., Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем принудительного охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т. 8. – № 2. – С. 166–175.
20. Нейман Л.А., Скотников А.А., Нейман В.Ю. Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
21. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
22. Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Шабанов А.С. Упрощенный расчет электромагнитного ударного привода в повторно-кратковременном режиме работы // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 50–53.
23. Нейман Л.А. Приближенный расчет циклического электромагнитного привода с учтенным начальным превышением температуры в переходном тепловом процессе нагрева // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 113–122.
24. Нейман Л.А. Оценка перегрузочной способности ударного электромагнитного привода по средней температуре перегрева в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 58–61.
25. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Влияние соотношений главных размеров электромагнитов на значения конструктивного фактора и показателя экономичности // Автоматизированные электромеханические системы: [сб. науч. тр.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 177–187.
26. Аксютин В.А. Прессовое оборудование с линейным электромагнитным приводом для механизации технологических процессов ударной сборки и штамповки мелких изделий / В.А. Аксютин, Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, А.А. Скотников // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 220–224.
27. Петрова А.А., Нейман В.Ю. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
28. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Расчет показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 6. – С. 21–24.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Р.Х. Губайдулина, к.т.н., доц., Г.Д. Давлатов, студент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)7-77-61

E-mail: victory_28@mail.ru

Введение

В последние годы появился такой комплексный показатель времени существования изделий машиностроения, как «жизненный цикл изделия», под которым понимается полный период его жизни, включающий этапы проектирования, производства, эксплуатации и утилизации. Сейчас приходят к необходимости создания глобальной автоматизированной информационной системы, охватывающей весь этот цикл, которая обозначается аббревиатурой PLM (Products Lifecycle Management) [1,2]. Прежде чем разрабатывать PLM-систему, необходимо подвергнуть комплексному анализу весь процесс управления жизненным циклом изделия машиностроения [3,4].

Результаты и обсуждение

В концепции PLM полагается, что изделие вначале возникает у автора в виде общей идеи конструкции. Затем эта руководящая идея воплощается в комплект необходимой конструкторской документации. В процессе конструирования решается первая задача оптимального проектирования со своими критериями и целями оптимизации, в основу которой должны быть положены требования, как производства, так и эксплуатации изделия [3-6].

На следующем этапе в процесс создания изделия вовлекается большое количество специалистов и материальных средств, в результате чего осуществляется стадия производства машины с определенной серийностью выпуска. При этом встает вторая задача оптимизации, которая, как правило, направлена на всемерное снижение издержек производства, а также на своевременный переход к выпуску принципиально нового изделия.

После реализации изделия на рынке наступает этап его эксплуатации у потребителя, интересы которого требуют рассмотрения третьей задачи оптимизации, а именно: минимизации эксплуатационных расходов и установления оптимального срока эксплуатации, по завершению которого изделие подлежит замене на новое и происходит его утилизация [4,5].

Утилизация машины является завершающим этапом жизненного цикла изделия. Обычно рассматривается незамкнутый цикл, то есть предполагается, что изделие, проходя последовательно через этапы маркетинговых исследований, проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации, прекращает своё существование, удовлетворив таким образом определённые личные или общественные потребности. В то же время известно, что подобные незамкнутые функциональные цепи с точки зрения теории автоматического регулирования и управления являются неэффективными. Для повышения управляемости и устойчивости система должна быть замкнута путём введения обратной связи, в качестве которой предлагается применить этап утилизации [5].

На рис.1 приведен вариант функционирования замкнутой PLM-системы применительно к машиностроительному предприятию. Всё управление сосредоточено в блоке маркетинга, которому кроме изучения и анализа рынка, придается еще другое содержание. Главная задача этапа маркетинга заключается в разработке технико-экономического обоснования и технического задания (ТЗ) на проектирование изделия. В то же время в его функции должны входить: определение экономически обоснованного срока службы машины T_E , периода морального износа данной конструкции машины T_M , оптимальной программы выпуска изделий N_{max} , плановой цены изделия K_P , лимитов текущих расходов и капитальных вложений в производство, оптимальной величины такта выпуска изделий, плановой прибыли предприятия и ряда других макроэкономических показателей. Определённая на этом этапе величина T_E должна являться директивой для оптимального конструирования машины по критерию равного запаса надёжности и одновременно – рекомендацией для потребителя в техническом паспорте на эксплуатацию изделия. Цена продажи изделия и её изменение в зависимости от текущей ситуации, основанные на принципах определения справедливой для производителя и потребителя цены, передаётся рынку, а через обратную связь производится её непрерывный мониторинг. Блок маркетинга управляет также стратегическим планированием этапа изготовления, определяя через величину периода морального износа момент перехода на изготовление новой конструк-

ции изделия. Для решения этих задач данный блок получает от службы утилизации оперативную информацию для определения текущих затрат на эксплуатацию изделия, по величине которой оцениваются T_E , K_P и др. [4].

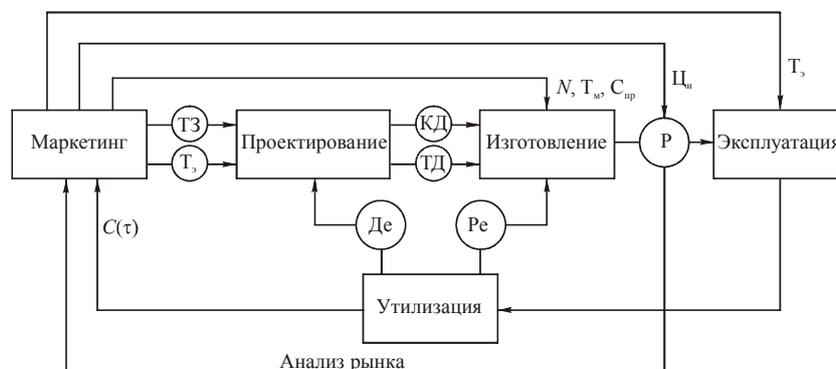


Рис. 1. Замкнутый ЖЦИ: ТЗ – техническое задание; КД – конструкторская документация; ТД – технологическая документация; Р – рынок; Де – дефектация; Ре – реновация

Цель утилизации изделия связана с одной стороны, со снижением экологической нагрузки на окружающую среду, а с другой – с оптимизацией ЖЦИ и, более того, с его замыканием по типу положительной обратной связи. При этом следует различать две задачи этого этапа, а именно: дефектация изношенной машины и реновация её частей. [3,5].

Главная задача дефектации изношенной машины заключается в получении исходной информации о величине нарушений работоспособности как изделия в целом, так и его составных частей, агрегатов, узлов и сопряжений, с последующей статистической обработкой результатов такого рода мониторинга. Так как в этих данных в первую очередь заинтересованы конструктор и производитель изделий, то на машиностроительном предприятии необходимо создавать отдельную службу, которая должна заниматься возвратом и утилизацией отслуживших свой срок машин.

Процесс контроля дефектов должен проводиться по специально разработанным методикам с широким привлечением современных средств дефектоскопии. Одновременно с этим контролем должна проходить сортировка частей машины на предмет либо их последующего восстановления и повторного использования в новых экземплярах изделий, либо для их переработки в исходный материал.

Для эффективного проведения рассматриваемого этапа конструкция любой машины должна быть доработана в плане обеспечения полноценной диагностики её текущего и конечного состояния. В первую очередь, она должна быть оснащена микрочипами, выдающими информацию об интенсивности эксплуатации изделия, как во времени его использования, так и с точки зрения режимов его работы. Именно эти данные позволяют уточнить закономерности «физического износа» изделия и на этой основе определить экономически обоснованный срок службы, проектную цену изделия и др. [4].

Часть сборочных единиц и деталей машины, отслужившей свой срок службы, по итогам дефектации могут оказаться вполне добротными. К ним, как правило, относятся базовые и корпусные части изделия, которые проектируются с большим запасом прочности и долговечности в связи с тем, что их выход из строя приводит зачастую к преждевременному отказу всей машины. Вообще говоря, чем больше в конструкции изделия подобных частей, тем менее оптимальной является данная конструкция. В то же время эти детали машин можно без существенных дополнительных затрат восстановить и использовать либо для сборки аналогичных изделий, если они ещё не сняты с производства, либо в качестве запасных частей в службе технического сервиса. Для этого в настоящее время разработан целый спектр технологий ремонтного машиностроения, позволяющих практически полностью восстановить срок службы изделия [3,4].

Поставленные выше три задачи оптимизации ЖЦИ тесно взаимосвязаны между собой и, более того, неравнозначны. В большинстве случаев товарно-рыночных взаимодействий между производителем изделия и его потребителем существует так называемый «диктат потребителя», когда последний определяет целесообразность приобретения того или иного изделия, исходя из понимания своих потребностей и финансовых возможностей. С другой стороны возможен и «диктат производителя», особенно в монополярной экономике, где у потребителя отсутствует выбор при покупке изделия. Так

как в крупных экономиках мира существует антимонопольное законодательство, то этот вариант встречается сравнительно редко и не характерен для развитых товарно-денежных отношений. Отсюда следует, что третья задача оптимизации (оптимизация периода эксплуатации) является главной и определяющей в создании оптимальной экономики производства изделий, а две первые носят подчиненный характер [3,4].

Потребитель на стадии эксплуатации изделия с одной стороны получает полезный эффект от его использования, а с другой стороны – несет эксплуатационные затраты, которые делятся на первоначальные и текущие. К первоначальным затратам потребителя относятся стоимость изделия и издержки, необходимые на монтаж и запуск изделия в эксплуатацию. Они играют ту же роль, что и капитальные вложения на стадии производства. Текущие издержки зависят от назначения и конструкции изделия и могут включать затраты на электроэнергию, топливо, техническое обслуживание, запасные части и тому подобное. Их назначение аналогично себестоимости в производственном процессе. Для определения затрат на эксплуатацию изделия рекомендуется применить следующую формулу [4]:

$$C = C_K \cdot \tau + \frac{K_P}{\tau + 1}, \quad (1)$$

где через C_K обозначен коэффициент, имеющий размерность у.е.с./у.е.в.²; τ - текущий срок эксплуатации изделия, у.е.в.; K_P - цена изделия, у.е.с. (у.е.в. – условные единицы времени; у.е.с. – условные единицы стоимости).

На рис.2 приведены расчеты зависимости (1) для различных значений Π при постоянной величине $C_K = 200$. Как из него следует, все кривые имеют глобальный минимум удельных приведенных затрат потребителя при определенном сроке эксплуатации изделия. Обозначим величину этого срока службы через T_E и назовём её «экономически обоснованным сроком службы» (ЭОСС), под которым в дальнейшем будем понимать такой период времени эксплуатации изделия, по истечению которого удельные приведенные затраты потребителя достигают своего минимального значения. Эксплуатировать изделие далее становится нерентабельным, и оно подлежит замене, как правило, на более совершенное [6].

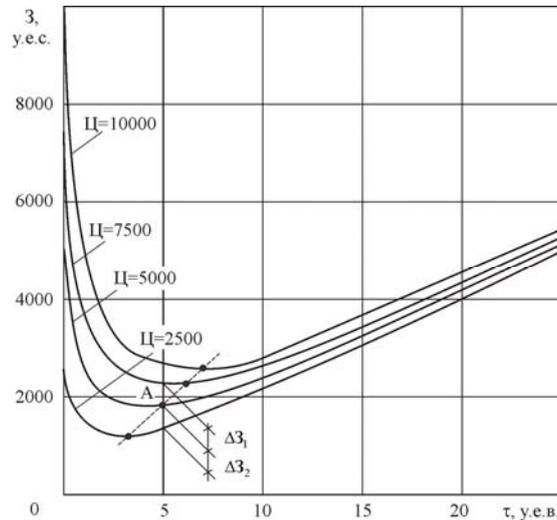


Рис. 1. Зависимости текущих приведенных затрат на эксплуатацию изделия при различных ценах его реализации

Значение ЭОСС можно получить из выражения (1), взяв от него производную по времени τ и приравняв ее к нулю:

$$T_E = \sqrt{K_P / C_K}, \quad (2)$$

Из (2) следует, что величина ЭОСС зависит не от абсолютных значений первоначальных затрат на приобретение изделия K_P и не от уровня удельных текущих затрат на его эксплуатацию C_K

, а от их соотношения. Чем выше отношение цены изделия к текущим затратам, тем больше должен быть оптимальный срок его эксплуатации, и наоборот. Обращает на себя внимание то, что с уменьшением цены изделия уменьшается и его ЭОСС (см. штриховую линию на рис.1), то есть дешевое изделие должно иметь меньший оптимальный срок эксплуатации. Но более важным выводом из приведенных зависимостей является тот факт, что между ценой данного изделия и его ЭОСС существует жесткая функциональная связь. Она проявляется следующим образом: для известных величин C_K и T_E цена изделия K_P не должна назначаться произвольно, а должна иметь вполне определенное оптимальное значение (справедливая цена). Проанализируем этот эффект подробнее на примерах.

Возьмем за основу кривую, соответствующую первоначальным затратам на приобретение изделия $K_P=5000$ у. е.с. Координаты оптимальной точки A для этой зависимости равны (см. рис.1): $T_E=5$ у.е.в.; $C_{\min}=1833$ у.е.с.. Рассмотрим два варианта производства в назначении цены изделия, соответствующие $K_P=7500$ у.е.с. и $K_P=2500$ у.е.с. В первом случае мы имеем совместный финансовый выигрыш производителя и продавца изделия в размере $\Delta C_1=417$ у.е.с. (см. рис.1), а во втором – выигрыш потребителя величиной $\Delta C_2=416$ у.е.с.. Иными словами первому варианту соответствует «диктат производителя», а второму – «диктат потребителя» изделия. Чтобы одновременно удовлетворить интересы всех сторон акта купли – продажи, цена изделия должна соответствовать своему оптимальному значению, которое можно рассчитать по следующему выражению:

$$K_P = C_K \cdot T_E^2. \quad (3)$$

Таким образом, только точное соответствие между плановыми и фактическими удельными текущими затратами на эксплуатацию изделия приводит к балансу экономических интересов в связке «производитель – потребитель» и дает приемлемый (оптимальный) результат для обоих контрагентов.

На основе проведенного анализа можно сформулировать следующий принцип оптимальной эксплуатации любого изделия машиностроения: для минимизации совместных издержек потребителя и производителя изделие конкретной конструкции и качества должно эксплуатироваться в течение экономически обоснованного срока его службы, значение которого обусловлено величинами первоначальных затрат на приобретение и текущих затрат на эксплуатацию данного изделия [4.6].

С другой стороны, если задан оптимальный срок службы изделия и установлены удельные эксплуатационные расходы, то для минимизации суммарных затрат производителя и потребителя цена изделия должна иметь также вполне определенную величину, превышение или уменьшение которой приводит к проигрышу либо потребителя, либо производителя изделия. Эта цена является оптимальной (справедливой) как для стадии изготовления, так и эксплуатации изделия, и должна служить директивой для изготовителя вместе с продавцом. Поэтому в отличие от пресловутой «стихии рынка», устанавливающей цену продукции на основе конкурентной борьбы, ценообразование в соответствии с ЭОСС позволяет внести существенный элемент плановости в деятельность машиностроительной фирмы как в случае освоения выпуска нового варианта изделия, так и в решении иных производственных задач [6].

Из изложенного следует, что этап проектирования изделия машиностроения должен быть направлен в первую очередь на обеспечение его ЭОСС и требуемых текущих затрат на эксплуатацию. При этом методология конструирования машины должна предусматривать достижения равного запаса долговечности для всех ее составных частей. Оптимальной является конструкция, спроектированная на принципах равнопрочности, равномерного изнашивания и других частных целевых функциях, обеспечивающих равномерное распределение эксплуатационных свойств (равная жесткость, равномерная коррозионная стойкость и др.). При разработке конструкции машины необходим активный поиск наиболее оптимальной формы деталей, узлов и машины в целом и оптимального распределения физико-механических свойств конструкционного материала. Идеальное изделие может быть спроектировано только путем одновременной оптимизации формы и материала [7,8]. Эти принципы проектирования позволяют принудительно ограничить срок службы изделия величиной ЭОСС. Тогда перед потребителем встанет задача приобретения новой, более совершенной машины, а изготовитель сможет точно планировать объемы и перспективы развития своего производства на основе постоянных связей с клиентами.

В общем виде задача создания оптимального с рассматриваемой точки зрения проекта изделия должна иметь следующую последовательность решения [4,8]:

1. Определение оптимальной долговечности детали на основе экономически обоснованного срока службы машины.

2. Расчет по критерию равнопрочности спектра оптимальных форм изделия из заданного материала, нагруженного как сосредоточенной, так и распределенной силовой и тепловой нагрузкой.

3. Определение оптимальной структуры материала изделия заданной формы по условию равнопрочности.

4. Синтез спектра оптимальных решений по форме и вариантов проектов с оптимальным распределением физико-механических свойств материала изделия по условию равнопрочности. Этот этап должен решаться методом последовательных приближений, а именно: получив первое решение по равнопрочной форме, рассматривается соответствующее ей распределение модуля упругости материала детали, а затем вновь численным методом создается оптимальный профиль в соответствии с измененным НДС, и так далее. Расчет ведётся до тех пор, пока форма изделия не начнёт соответствовать структуре его материала с заданной степенью приближения.

5. Расчет спектра оптимальных проектов формы трущихся поверхностей изделия, изготовленного из определённого материала, по критерию равномерного изнашивания.

6. Определение оптимального распределения трибологических свойств поверхностей трения изделия и на этой основе разработка проектов нанесения селективно структурированных износостойких покрытий.

7. Синтез оптимальных проектов по форме и интенсивности изнашивания трущихся поверхностей, обеспечивающих режим равномерного изнашивания.

8. Оптимизация и синтез проектов изделия с равномерно распределёнными свойствами по другим критериям оптимизации (равномерная жёсткость конструкции, одинаковая коррозионная стойкость и т.п.).

9. Синтез спектра равнопрочных и равномерно изнашивающихся форм изделия с оптимизированной структурой его материала.

Последним этапом оптимального проектирования является выбор из полученных технически и технологически возможных вариантов наиболее экономичного путем сравнения его срока службы с экономической стойкостью (ЭОСС). В результате осуществления этой методологии конструирования должен быть получен оптимальный проект идеального изделия, обладающего для данных условий одновременно требуемой прочностью, износостойкостью и экономичностью [9-10].

ВЫВОДЫ

- Основой для оптимальной организации машиностроительного производства является экономически обоснованный срок службы изделия, которому соответствует минимум суммарных затрат потребителя и производителя машины.
- Конструкция машины и технология ее изготовления экономически взаимосвязаны через величину максимально возможной прибыли предприятия.
- Утилизация изделий должна осуществляться заводом-изготовителем и играть роль звена обратной связи для превращения всего ЖЦИ в устойчиво функционирующую самоорганизующуюся систему.
- Изложенные в данной работе принципы могут быть положены в основу разработки автоматизированной PLM-системы.

Литература

1. Zheng Qing-chun, Hu Ya-hui, Lv Hui-juan Research on management for manufacturing information and integrated technology oriented to PDM/PLM // Zuhe jichuang yu zidonghua jiagong jishu = Modular Machine Tool and Automatic Manufacturing Technique.– 2008, № 7.– С. 84 – 86, 89.
2. Трифонов Д.С. Внедрение PLM –это, прежде всего, наведение порядка на предприятии. // CAD/CAM/CAE информационно-аналитический PLM – журнал. –2008, №7.– С.19–21.
3. Петрушин С.И. Техноэкономика. Оптимизация жизненного цикла изделий машиностроения. – Томск: Издательство ТПУ, 2010. – 139 с.
4. Петрушин С. И., Губайдулина Р. Х. Организация жизненного цикла изделий машиностроения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 200 с.
5. Петрушин С. И., Губайдулина Р. Х. Утилизация как замыкающий этап жизненного цикла изделия машиностроения // Вестник машиностроения. – 2012 – №. 9 – С.82 – 85.

- Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х. Оптимизация перехода на производство новой продукции машиностроения. // Вестник машиностроения. – 2011, №12. – С. 80 – 83.
- Saprykina N A, Saprykin A A, Borovikov I F, Sharkeev Y P, Influence of layer-by-layer laser sintering conditions on the quality of sintered surface layer of products, //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.- 2015.- Vol.91. Article number 012031.- pp.1-6.
- Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х. Оптимизация этапа эксплуатации изделий машиностроения // Вестник машиностроения. – 2010, №7. – С. 68 – 72.
- Petrushin S.I., Gubaidulina R.H. New principles of mechanical engineering organization//The 7th international Forum on Strategic Technology IFOST 2012 September 17 – 21, 2012. Tomsk polytechnic University. VOLUME II pp.129 – 133. [Электронный ресурс].– режим доступа:<http://www.tpu.ru>
- Губайдулина Р.Х., Петрушин С.И. Экономически обоснованная эксплуатация изделий машиностроения. Организатор производства, М.: «Экономика и финансы». Теоретический и научно-практический журнал – 2010. №3.– С.75–78.

МИКРОТВЕРДОСТЬ ВАЛИКОВ ИЗ СПЛАВА ПГ-10Н-01, НАНЕСЕННЫХ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

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

Технология лазерной наплавки имеет целый ряд преимуществ перед другими технологиями нанесения покрытий. Прежде всего, это связано с небольшими размерами наплавляемых валиков, сравнимыми с диаметром лазерного пятна на поверхности наплавки и локальностью нагрева. Благодаря своим особенностям метод лазерной наплавки позволяет проектировать и создавать мультимодальные покрытия, состоящие из полосчатых слоев, полученных чередованием материалов, обладающих различными физико-механическими свойствами, когда один материал играет роль связующего, а второй – арматуры. Уникальность метода лазерной наплавки при создании мультимодальных покрытий состоит в том, что покрытия с полосчатой архитектурой могут создаваться из металлических материалов, что практически трудно осуществить другими способами. Реализация технологии нанесения мультимодальных покрытий методом лазерной наплавки неразрывно связана с использованием системы ЧПУ для осуществления процесса наплавки, что позволяет с высокой точностью создавать архитектуру мультимодальных полосчатых слоев. Технология создания мультимодальных покрытий может быть использована как для упрочнения поверхностей новых деталей, так и для восстановления их изношенных поверхностей с хорошими прочностными свойствами [1,2].

Прежде чем приступить к созданию мультимодальных покрытий из разнородных металлических материалов должна быть отработана технология лазерной наплавки валиков из предполагаемых составляющих мультимодального покрытия и исследованы физико-механические свойства материалов валиков. В данной работе нами предпринята попытка исследовать распределение микротвердости в единичных валиках из самофлюсующегося сплава на основе никеля ПГ-10Н-01 и выявить влияние режимов лазерной наплавки на величину микротвердости.

Для выполнения исследований применялся лазерный технологический комплекс, включавший газовый СО₂ лазер непрерывного действия типа «Комета 2» с мощностью излучения 1000 Вт и координатную систему с ЧПУ, обеспечивавшую необходимое перемещение наплавочной головки относительно наплавлявшихся образцов. Применявшаяся схема наплавки показана на рисунке 1.

Образец 8 устанавливался на поверхность стола координатной системы, указанная система обеспечивала перемещение наплавочной головки-объектива 3 с коаксиальным наплавочным соплом 4, фокусирующей линзой 5 и системой поворотных зеркал 6 относительно образца с заданной скоростью наплавки V. Наплавляемый материал в питателе 1 смешивался с воздухом и в виде газопорошковой смеси поступал в распределитель 2, из которого он по четырем трубкам подавался в коаксиальное сопло 4. Луч лазера 7 через систему поворотных зеркал 6 и линзу 5 фокусировался на поверхности образца в той же точке, куда подавался порошок по наклонным каналам коаксиального сопла 4. Для предотвращения перегрева фокусирующей линзы 5 и сопла 4 в процессе наплавки, в корпусе

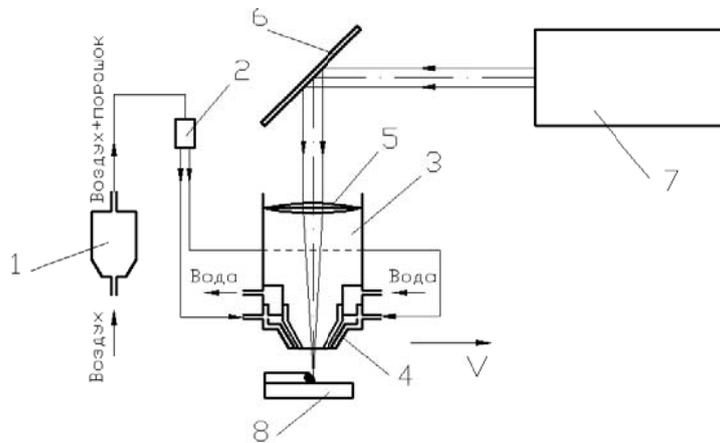


Рис. 1. Схема лазерной наплавки

головки объектива 3 были предусмотрены специальные каналы, через которые протекала проточная вода. Лазерная наплавка производилась при мощности излучения лазера 1000 Вт, дистанциях наплавки 10, 12 и 14 мм, скоростях наплавки 60, 80, 100 и 120 мм/мин, величине подачи порошка 12 г/мин. Наплавка выполнялась на образцы изготовленные из стали 45, имевшие размеры 20x30x8 мм. В качестве наплавочного материала использовался порошок самофлюсующегося

сплава на основе никеля – ПГ-10Н-01, имевший грануляцию 20-80 мкм.

После наплавки образцы разрезались в направлении перпендикулярном валикам наплавки, шлифовались и заливались в специальные оправки. Затем изготавливались поперечные шлифы валиков наплавки и производился замер микротвердости по глубине валиков наплавки. Измерения микротвердости производились при помощи микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 100 г по линии симметрии валиков от поверхности в основу с шагом 0,05 мм. Результаты приведены на рисунках 2-4.

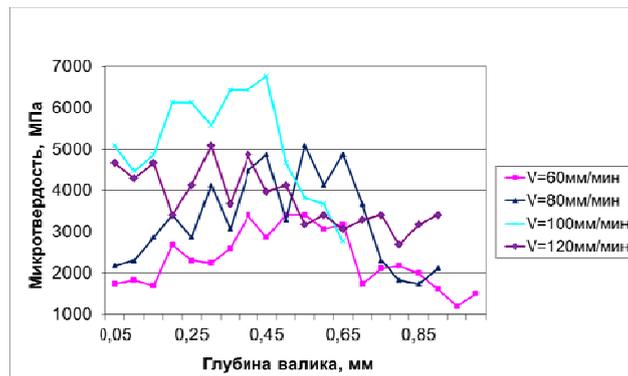


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине валика для сплава ПГ-10Н-01 при дистанции наплавки L=10 мм

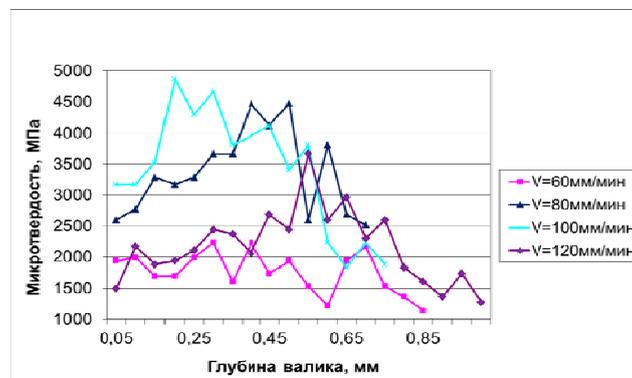


Рис. 3. Распределение микротвердости по глубине валика для сплава ПГ-10Н-01 при дистанции наплавки L=12 мм

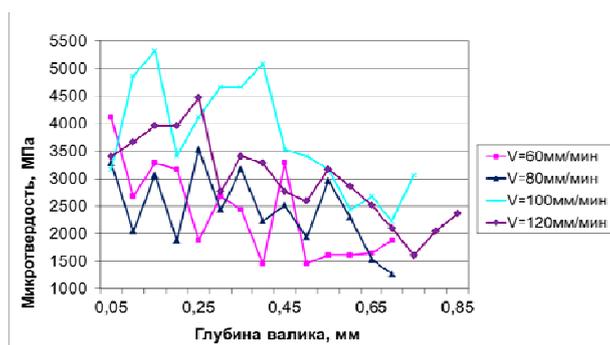


Рис. 4. Распределение микротвердости по глубине валика для сплава ПГ-10Н-01 при дистанции наплавки L=14 мм

Анализируя полученные результаты можно отметить следующее:

- По глубине наплавленных валиков из сплава ПГ-10Н-01 микротвердость распределена достаточно равномерно при всех дистанциях наплавки. Наблюдается некоторое снижение микротвердости покрытия вблизи поверхности валиков на 300 – 1500 МПа, которое скорее всего связано с дефектами возникающими при полировке покрытия на стыке покрытие-заливка. При приближении к основе микротвердость также уменьшается до микротвердости основы;
- Наблюдается некоторый рост микротвердости в валиках наплавки при уменьшении дистанции наплавки, что связано с изменением положения фокуса лазерного излучения относительно поверхности наплавки;
- Наивысшая микротвердость (7000 МПа) отмечается при скорости наплавки 100 мм/мин и дистанции наплавки 10 мм;
- Общий уровень микротвердости в валиках наплавки при скорости наплавки 60 мм/мин достаточно низок и составляет 2100 – 3000 МПа.
- Максимальная величина средней микротвердости в валиках сплава ПГ-10Н-01 для всех режимов составляет 4067 МПа, а минимальная величина – 2500 МПа.

Небольшие колебания микротвердости в валиках сплава ПГ-10Н-01 свидетельствуют о достаточно равномерном распределении фаз в покрытии. Другими словами, из-за высокой скорости охлаждения (10^3 - 10^5 К/с), большинство упрочняющих элементов остаются в твердом растворе γ -Ni матрицы.

Графики распределения микротвердости по глубине валиков также показывают, что хотя валики, полученные методом лазерной наплавки, имеют металлическую связь с основой, переходная зона между покрытием и основой практически отсутствует или совсем невелика.

На рисунке 5 приведена зависимость средней микротвердости покрытия от скорости наплавки. Из рисунка 5 видно, что при увеличении скорости наплавки от 60 мм/мин до 100 мм/мин наблюдается рост средней микротвердости примерно на 1500 МПа. При дальнейшем увеличении скорости наплавки до 120 мм/мин, величина средней микротвердости уменьшается на 400 МПа.

Такую зависимость средней микротвердости от скорости наплавки можно объяснить тем, что с изменением скорости наплавки меняется величина удельной энергии E, вводимой в покрытие.

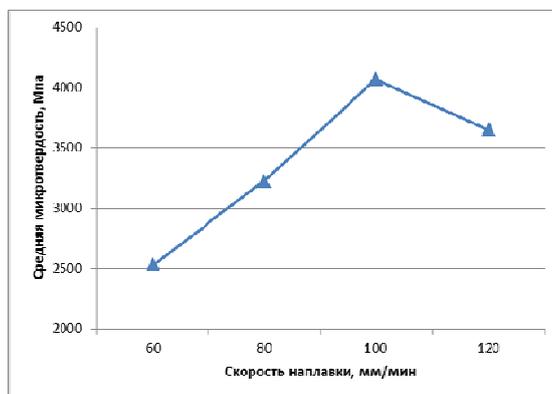


Рис. 5. Зависимость средней микротвердости от скорости наплавки

Удельная энергия E ($\text{Вт}\cdot\text{с}/\text{мм}^2$ или $\text{Дж}/\text{мм}^2$) представляется выражением:

$$E = \frac{P}{D \cdot S}, \quad (1)$$

где P - мощность лазерного излучения, Вт; D - диаметр лазерного пятна, мм; S - скорость наплавки, мм/с.

В нашем случае, удельная энергия E составляет 1000, 752, 602 и 500 $\text{Дж}/\text{мм}^2$ для скоростей наплавки 60, 80, 100 и 120 мм/мин, соответственно. При скорости наплавки 60 мм/мин энерговклад в покрытие достаточно большой, что скорее всего приводит к перегреву последнего и образованию довольно крупнозернистой структуры, приводящей к небольшой величине средней микротвердости. При скорости наплавки 120 мм/мин энерговклад в покрытие уменьшается в два раза. Соответственно уменьшается размер ванны расплава и увеличивается скорость отвердевания при одном и том же количестве подаваемого порошкового материала. Результатом является неполное сплавление материала валиков по границам зерен и уменьшение средней микротвердости покрытия. При скорости наплавки 100 мм/мин энерговклад в покрытие все еще достаточный, чтобы обеспечить образование сравнительно большой ванны расплава, не приводя к перегреву покрытия. В то же время, скорость отвердевания довольно велика для образования оптимальной зернистости структуры, которая и обеспечивает высокое значение средней микротвердости.

Сделанные предположения, хорошо согласуются с известной [3] зависимостью размера зерна d_g от скоростей зарождения и роста кристаллов:

$$d_g = 1,1 \cdot \left(\frac{R}{n} \right)^{3/4}, \quad (2)$$

где n - ($\text{с}^{-1}\cdot\text{см}^{-3}$)- скорость зарождения кристаллов; R - ($\text{мм}/\text{с}$)- скорость роста кристаллов.

Известно [3], что скорость роста кристаллов всегда меньше скорости зарождения кристаллов и не зависит от скорости охлаждения и, соответственно, от скорости наплавки. В то же время, скорость зарождения кристаллов возрастает с ростом скорости охлаждения и скорости наплавки, соответственно. По этой причине при увеличении скорости наплавки от 60 до 100 мм/мин, согласно уравнению (2) на фоне роста скорости зарождения кристаллов n , при практически неизменной скорости роста кристаллов – R происходит уменьшение размеров зерен и наблюдается рост микротвердости. При дальнейшем увеличении скорости наплавки до 120 мм/мин, несмотря на продолжающееся уменьшение размеров зерен, начинает сказываться недостаток вводимой лазером мощности и уменьшение прочности сплавления материала валиков по границам зерен, что вызывает уменьшение микротвердости.

Таким образом, полученные результаты показывают, что валики, полученные лазерной наплавкой самофлюсующегося сплава на основе Ni – ПГ-10Н-01 отличаются равномерным распределением микротвердости по глубине валика. Максимальная величина средней для всех использовавшихся режимов микротвердости составляет 6800 МПа, а минимальная - 2230 МПа. Графики распределения микротвердости по глубине слоя показывают, что несмотря на металлургическую связь с основой, практически не образуется переходная зона между покрытием и основой. Кроме того, зависимость средней микротвердости покрытия от скорости наплавки показывают, что оптимальной скоростью для лазерной наплавки отдельных валиков из самофлюсующегося сплава на основе никеля ПГ-10Н-01 является скорость – 100 мм/мин, при которой достигается максимальная микротвердость покрытия 4900-6800 МПа. Полученные результаты хорошо объясняются данными о количестве вводимой удельной энергии и о размерах зерен образующихся при лазерной наплавке.

Литература.

1. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок/ Под ред. В.Я. Панченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – С.664.
2. Шишковский И.В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, - С. 424..
3. L. Thivillon, Ph. Bertrand, B. Laget, I. Smurov, Potential of direct metal deposition technology for manufacturing thick functionally graded coating and parts for reactors components, Journal of Nuclear Materials, 385 (2009) 236-241.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ПРОДУВКИ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ**

*Д.А. Лубяной, к.т.н., Ю.А. Арканова, С.Ю. Шевченко, к.т.н.
ООО «Гидромаш-НК», НфиКемГу., МГТУ им Н.Э.Баумана
654000, г. Новокузнецк, ш. Северное, 14, тел. (3843)-59-14-06
E-mail: Lubjanoy@yandex.ru*

В последние годы на предприятиях большой металлургии проводились работы по совершенствованию технологии и повышению качества металла с использованием термовременной и внепечной обработки железоуглеродистых расплавов.

Для дальнейшего повышения качества продукции, снижения ее себестоимости в литейном производстве предложена и реализована технология внепечной обработки расплава азотом или аргоном методом резонансно-пульсирующего рафинирования фурмами с газодинамическими пульсаторами [1]. Сущность такого рафинирования заключается в наложении на металл колебаний путем пульсирующего дутья, в спектре которого имеется низкочастотная составляющая, совпадающая с собственной частотой колебаний металла в ковше. При выборе оптимальной частоты пульсаций фурмы для продувки чугуна азотом в промышленном ковше применили математическое моделирование. Интенсификация процесса перемешивания значительно увеличивается при наложении низкочастотных колебаний на металл путем подачи пульсирующего дутья, в спектре колебаний которого имеется низкочастотная составляющая, совпадающая с собственной частотой колебаний жидкости. Собственную частоту колебаний жидкости в цилиндре (ковше) высотой h радиусом горизонтального основания r определяли по формуле [2]:

$$\omega_{mn}^2 = g \mathcal{J}_{mn} th(\mathcal{J}_{mn} h), c^{-1} \quad (1)$$

или

$$(\omega_{mn})^2 = \omega_{mn}^2 \cdot r / g = \eta_{mn} th(\eta_{mn} \cdot h / r) \quad (2)$$

где $\omega_{mn} = 2\pi f_{mn}$ – циклическая частота собственных колебаний, c^{-1} ;

$\eta_{mn} = \mathcal{J}_{mn} r$ – корни первой производной функции Бесселя;

\mathcal{J}_{mn} – собственные числа задачи о главных колебаниях жидкости;

$g = 9,81$ м/с²;

$th(\mathcal{J}_{mn} h) = th x = e^x - e^{-x} / e^x + e^{-x}$ – гиперболический тангенс аргумента.

Тогда

$$f_{mn} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{2}{D} g \eta_{mn} th\left(\frac{2 \cdot \eta_{mn} \cdot h}{D}\right) \right)^{1/2} \quad (3)$$

где D – внутренний диаметр ковша, м

После определения собственной частоты колебаний металла в ковше разработали конструкцию дутьевого устройства, генерирующего низкочастотную составляющую. В качестве источника колебаний использовали газодинамические пульсаторы. Сущность их работы состоит в следующем: в потоке газа находится плохо обтекаемое тело, за ним образуется вихревой след, причем вихри сбегают с определенной периодичностью, зависящей от формы и размеров конструкции, а также от скорости потока. Так, при обтекании цилиндра образуется вихревая дорожка Кармана. Направление вихрей попеременно меняется, угловая частота отделения вихрей определяется по формуле:

$$w = \frac{0,22v}{2\pi K}, \quad (4)$$

где v – скорость потока, м/с;

K – диаметр цилиндрического пульсатора в фурме;

0,22 – число Струхалия для цилиндрического пульсатора [9].

Тогда скорость потока v , м/с, будет определяться по формуле:

$$v = 4\pi^2 fK / 0.22 \quad (5)$$

Решая совместно уравнения 3,4 и 5, определяют оптимальные параметры продувки и размеры пульсатора. Данные расчетов по модели представлены в таблице 1. В таблице: D , h – диаметр и высота ковша, м; f_{01} , f_{11} , f_{21} – номер частоты колебаний; V_{01} – расход газа для соответствующей частоты колебаний, м³/ч. На этом принципе были разработаны конструкции дутьевых устройств для продувки чугуна нейтральным газом. За основу была взята обычная фурма «ложный стопор». Внутри трубы устанавливаются цилиндрические пульсаторы.

Таблица 1

Параметры продувки (диаметр пульсатора 16 мм)

Ковш	D	h	f_{01}	f_{11}	f_{21}	V_{01}	V_{11}	V_{21}
60т	2,45	2,5	0,611	0,787	0,882	7,746	9,981	11,179
10т	1,3	1,35	0,839	1,08	1,21	10,634	13,701	15,347

Как показали дальнейшие исследования, данный тип фурм генерирует целый спектр частот, значения которых определялись на промышленной установке с помощью импульсного прецизионного шумометра RFG00017. Результаты экспериментов показали, что обработка расплава производится в диапазоне от 1 до 23000Гц. Вследствие высоких значений мощности (порядка 100 Дб), интенсифицируется процесс перемешивания, повышаются степень рафинирования металла и усвоение ферросплавов.

Продувка азотом через фурмы данной конструкции[3] благоприятно сказалась и на микроструктуре чугуна. Размер и распределение графита в чугуне изложниц значительно зависит от времени продувки (рис.1).

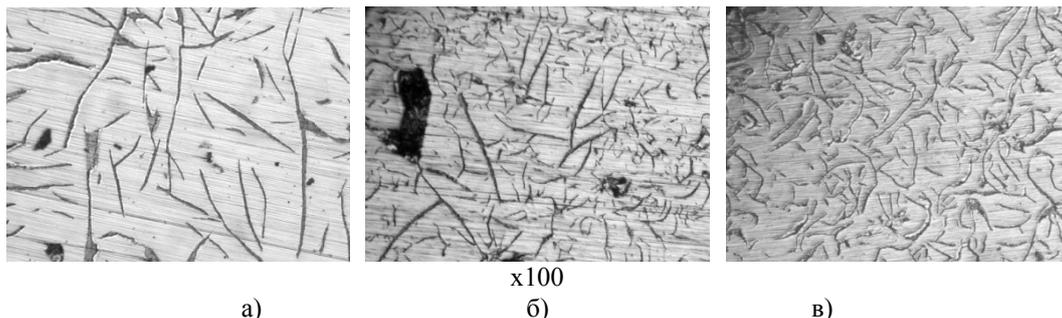


Рис. 1. Микроструктура образцов чугуна изложниц с различным временем продувки азотом: а - 7,5 мин; б - 13 мин; в - 15 мин.

Времени менее 15 минут, как показывают данные рис.1, явно недостаточно для эффективного удаления крупного спелостого графита.

Как показали исследования, выполненные с помощью высокотемпературного микроскопа ИМАШ 20-78 при 850°С, такой графит и является инициатором зарождения трещин в изложницах. Для получения чугуна с благоприятной формой графита рекомендовано продувать чугун для кузнечных изложниц и шлаковых чаш не менее 15 минут, что повышает их стойкость. Увеличение времени продувки с 10 до 15 минут позволяет также увеличить степень усвоения ферросилиция на (7...10)%.

Значительного изменения содержания азота в чугуне в процессе продувки чугуна азотом обнаружено не было. Продувка чугуна в заданных режимах значительно повысила механические свойства (таблица 2). Анализ эксплуатационной стойкости отливок показал, что стойкость изложниц и поддонов, отлитых из чугуна, продутого азотом в данном режиме, повышается более чем на 10%.

Таблица 2

Изменение механических свойств доменного чугуна

Вид обработки	Предел прочности σ_b , МПа
Продувка азотом методом резонансно-пульсирующего рафинирования	130-170
Без продувки	91-105

Данная продувка эффективна при производстве изложниц, так как способствует получению благоприятной перлитной структуры, обеспечивающей приемлемую стойкость изложниц и шлаковых чаш. Стойкость шлаковых чаш значительно увеличивается при образовании в структуре чугуна карбонитридов титана в качестве подложек. На рис.2 показана зависимость влияния удаления титана на эксплуатационную стойкость шлаковых чаш.

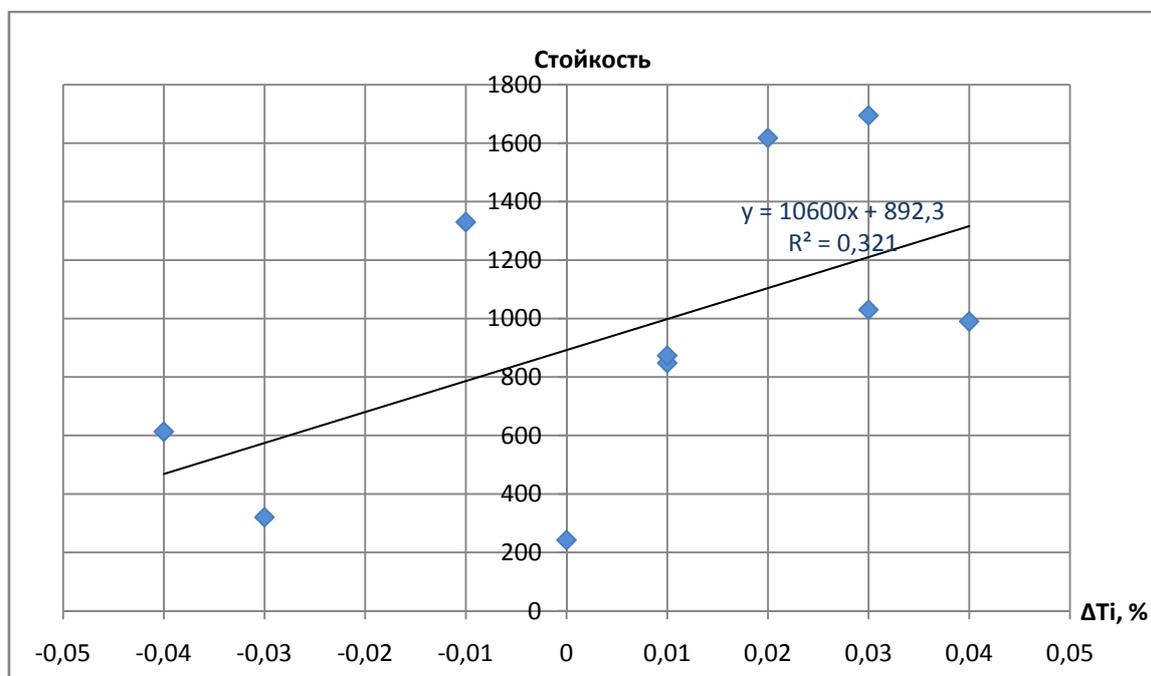


Рис.2 Зависимость эксплуатационной стойкости шлаковых чаш о количества титана, потраченного на образование модифицирующих частиц.

Прочностные свойства чугуна после данной обработки повышаются до уровня (130...170) МПа, что позволяет в перспективе рассматривать данный чугун как конструкционный чугун марок СЧ10, СЧ15.

Литература.

1. Лубяной Д.А. Применение резонансно-пульсирующего рафинирования для повышения качества изделий из чугуна // Литейщик России . – 2004 . – №7 . – С. 30-32.
2. Униговский Я.Б. Выбор параметров колебаний при обработке жидких металлов в ковше // Сталь.-1992
3. Патент на ПМ 61710 (РФ), МПК 8 С21 С5/48. Фурма для продувки металла в ковше / Д.А. Лубяной, В.Г. Переходов, В.П. Комшук, Ю.Н. и др. - 2006131724/22; Заявл.04.09. 2006; Опубл. 10.03.2007, Бюллетень "Изобретения. Полезные модели".-2007.- .№7.

КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Н.С. Дудак, к.т.н., доц., Г.Т. Итыбаева, к.т.н., Ж.К. Мусина, к.т.н.
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова
140008, г. Павлодар ул. Ломова 64, тел. (7182)-67-36-33
E-mail: galia-itibaeva@mail.ru*

Одним из важнейших элементов, обеспечивающих качество обработки деталей машин и производительность труда, является режущий инструмент как неотъемлемая составная часть металло-режущего оборудования. Работоспособность режущего инструмента оказывает существенное влияние на экономическую эффективность процесса производства.

Наружные цилиндрические поверхности обрабатываются на станках токарной группы токарными проходными резцами. При обработке одним из недостатков является наличие вершины резца, которая формирует шероховатость обработанной поверхности. Для уменьшения шероховатости необходимо уменьшать подачу, что снижает производительность обработки. Кроме того, вершина рез-

ца является слабым местом инструмента. Через небольшое сечение резца от вершины проходит большой тепловой поток, что вызывает высокий нагрев и износ вершины резца.

Вершина как точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок источник повышенного износа как следствие увеличение теплового напряжения околовершинных участков, выражающегося в значительно большем нагреве и, вследствие этого, усиленном износе. Это приводит к уменьшению стойкости резца, увеличению количества переточек и снижению ресурса резца, уменьшению производительности и увеличению расхода резцов, повышению себестоимости обработки. Для устранения указанных недостатков предлагается токарная обработка наружных поверхностей валов безвершинным токарным проходным резцом [2].

Одной из актуальных проблем машиностроения является обработка отверстий, к которым предъявляются высокие требования по точности размера, формы и расположения.

Обработка отверстий осуществляется металлорежущими инструментами: свёрлами, зенкерами, развёртками, протяжками, расточными резцами, блоками и расточными головками. В зависимости от требований к точности отверстий применяются соответствующие инструменты. Сверление и зенкерование являются предварительными операциями, остальные – чистовыми операциями.

Стандартные свёрла, имеющие спиральные или прямые стружечные канавки, а также перовые свёрла, применяемые для сверления отверстий в сплошном материале, имеют ряд недостатков, связанных с конструкцией режущей части и профиля поперечного сечения.

Процесс сверления существующими свёрлами протекает в тяжелых условиях резания: затруднён отвод стружки и подвод смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) из-за значительного трения стружки о поверхность канавок сверла и самого сверла об обработанную поверхность. Задний угол не является величиной постоянной – он возрастает по мере приближения к центру. Очень неблагоприятной является величина переднего угла на поперечной кромке. У стандартных спиральных свёрл передний угол на поперечной кромке составляет значение до минус 57° – 60° . Ввиду этого на поперечной кромке, которая воспринимает до 80% осевой силы, вместо резания имеет место смятие, выдавливание и скобление металла.

Многочисленные способы оформления режущей части и поперечной кромки не в полной мере устраняются силы, действующие на поперечную кромку, передний угол на поперечной кромке уменьшается, но всё-таки остаётся отрицательным. Указанные условия работы поперечной кромки значительно ухудшают условия обработки, качество обработанного отверстия и не дают кардинального решения вопроса повышения качества обработки, производительности, повышения стойкости инструментов. Большое тепловыделение при сверлении и истирающий эффект приводят к снижению скорости резания и усиленному изнашиванию свёрл.

Улучшение условий резания при сверлении привело к развитию направлений: совершенствование режущей части существующих свёрл; разработке новой, видоизменённой конструкции свёрл, имеющих другую форму поперечного сечения и разработке специальных режущих инструментов, имеющих принципиально новую конструкцию.

Разработаны новые металлорежущие инструменты – двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки и двухвершинное перовое сверло без поперечной кромки. Поперечная кромка на указанных свёрлах срезается, прорезанием канавки, одна стенка которой совпадает с осью или несколько смещена относительно оси. Это позволило исключить силу, возникающую на поперечной кромке стандартного сверла, улучшить силовые отношения в зоне резания, уменьшить образование тепла, повысить качество обработки [3, 4].

Сверло «Зигзаг» имеет специальный профиль в поперечном сечении в виде стилизованной буквы «Z». Профиль сверла в поперечном сечении является ассиметричным, образован сочетанием широкого пера, передняя поверхность которого достигает оси сверла и исключает сердцевину, узкого пера, примерно равного по ширине четверти диаметра сверла, и косой перемычки между ними. Такая форма поперечного сечения позволяет расположить режущие кромки пера в одной осевой плоскости, исключить поперечную кромку, срезанием косой перемычки между перьями, повышенные износ, температуру и пониженную стойкость при использовании традиционных стандартных свёрл [5].

При обработке отверстий в корпусных деталях, втулках, фланцах и тому подобных деталях машин широко применяются операции зенкерования и разворачивания. Однако зенкер, наиболее распространенный инструмент для обработки отверстий после сверления, литья, кузнечной прошивки, как и любой другой инструмент с короткой и потому механически и термически тяжело нагруженной режущей частью имеет ограниченную по величине скорость резания и сравнительно низкую

стойкость. Износ сосредотачивается в локальной области по небольшой длине режущей части. Разворачивание осуществляется со значительно меньшими скоростями резания, однако режущая часть также имеет сравнительно небольшую длину и подвергается значительному изнашиванию в процессе работы. У зенкера и развёртки небольшие по длине режущие кромки постоянно находятся в работе, а попадание смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания, где срезается материал при высокой температуре резания и большей степени деформации находится в условиях всестороннего гидростатического сжатия, затруднено, что способствует повышению интенсивности изнашивания. Кроме того, жёсткость шпиндельного узла сверлильных станков оказывается недостаточной. При большой длине обрабатываемого отверстия, большей длине режущего инструмента по этой причине снижается точность обработки и возрастает шероховатость.

Для повышения точности обработки, качества поверхности деталей и производительности разработаны конструкции режущих инструментов – зенкера-протяжки и развёртки-протяжки.

Зенкер-протяжка и развёртка-протяжка конструктивно построены по следующему принципу: в осевом сечении они имеют конструктивные признаки, соответствующие протяжке: передний хвостовик, шейку, переднюю и заднюю направляющие, режущую и калибрующую части, а в поперечном сечении признаки зенкера либо развёртки: форма и число зубьев, геометрию режущей части.

В поперечном сечении профиль винтовых зубьев зенкера-протяжки и развёртки-протяжки может быть следующих исполнений: стандартный профиль зубьев зенкера, равноширокий профиль зубьев, у развёртки-протяжки ещё и режуще-деформирующий. Применение равноширокого профиля зубьев позволяет увеличить стойкость зенкера-протяжки, количество переточек, а, следовательно, и увеличить срок службы. Применение режуще-деформирующего профиля позволяет осуществлять процесс резания и поверхностное пластическое деформирование.

В новых конструкциях режущих инструментов использованы преимущества протяжки: сравнительно невысокая скорость резания, качество обработки (точность размера, шероховатость), уменьшение истирания.

Зенкер-протяжка и развёртка-протяжка позволяют значительно уменьшить разбивку отверстий, которая имеет место при обработке свёрлами и зенкерами, а также снизить шероховатость обработанной поверхности и повысить стойкость самих инструментов [6-7].

Для чистовой обработки отверстий 7–8 квалитета точности в массовом производстве часто используется протягивание. В процессе протягивания отверстий протяжками с круглыми зубьями сила резания скачкообразно изменяется вследствие переменного количества одновременно работающих зубьев, шаг которых обычно не кратен длине обрабатываемой детали.

В результате постоянно меняется напряжённо-деформируемое состояние технологической системы, и возникают колебания, которые уменьшают качество обработки (увеличивается шероховатость, отклонение от заданной геометрической формы отверстия) и снижают стойкость протяжки.

С целью устранения колебаний и напряжённо-деформируемого состояния технологической системы разработана протяжка с винтовыми равноширокими зубьями, что позволяет производить переточку протяжки по задней поверхности зубьев и улучшить качество обработки [8].

При применении протяжек с винтовыми равноширокими зубьями сила резания и количество одновременно работающих зубьев постоянны, тогда величина изменения силы резания практически равна нулю. Винтовые равноширокие зубья увеличивают плавность работы протяжки, повышают качество обрабатываемого отверстия. Кроме того, плавность работы уменьшает износ и повышает стойкость протяжки.

Резцовая головка относится к режущим инструментам и представляет собой новый высокопроизводительный инструмент для точения сплошных отверстий – резцовую головку, с асимметрично расположенными резцами, оснащёнными сменными неперетачиваемыми пластинками твёрдого сплава, позволяющими получать любую форму дна глухого отверстия или обрабатывать сквозные отверстия в сплошном материале [9].

Основные особенности способа точения отверстий и резцовой головки: при точении отверстий применяется схема точения отверстий с невращающейся резцовой головкой и её продольной подачей и вращающейся заготовке; режущая часть головки образована резцами в шахматном порядке относительно оси резцовой головки; наименьшее количество резцов равно двум; на внутреннем резце на приосевой части выполнен уступ (ломающий уклон); в качестве выглаживающей части применяются наружная поверхность корпуса или специальные твердосплавные направляющие; переднее внутрен-

нее ребро внутреннего резца совпадает с осью резцовой головки или наклонено к оси на величину переднего угла.

Таким образом, разработаны, а некоторые и апробированы, новые металлорежущие инструменты для обработки наружных и внутренних поверхностей, которые изменяют напряжённо-деформируемое состояние технологической системы, уменьшают колебания и вибрации, трение, износ, следовательно, повышаются ресурс, стойкость, улучшают качество обработанной поверхности и экономии инструментального материала, что приводит к ресурсо-энергосбережению.

Литература.

1. Инновационный патент Республики Казахстан № 25463 на изобретение. Безвершинный токарный проходной резец со стружколомом / Дудак Н.С., Оспантаев М.К.; опубл. 15.02.2012, Бюл. № 2. – 14 с.: ил.
2. Предварительный патент Республики Казахстан № 19559 на изобретение. Двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки с направляющими ленточками / Мусина Ж.К., Дудак Н.С.; опубл. 16.06.2008, Бюл. № 6. – 6 с.: ил.
3. Предварительный патент Республики Казахстан № 19687 на изобретение. Двухвершинное перовое сверло без поперечной кромки / Мусина Ж.К., Дудак Н.С.; опубл. 15.07.2008, Бюл. № 7. – 8 с.: ил.
4. Инновационный патент Республики Казахстан № 20786 на изобретение. Спиральное сверло «Зиг-заг» без поперечной кромки с наклоном главных режущих кромок и поднутрением // Дудак Н.С.; опубл. 25.07.2008, Бюл. № 2. – 9 с.: ил.
5. Предварительный патент Республики Казахстан № 20384 на изобретение. Зенкер-протяжка для обработки цилиндрических отверстий / Итыбаева Г.Т., Дудак Н.С.; опубл. 25.09.2008, Бюл. № 12. – 14с: ил.
6. Заключение о выдаче предварительного патента на изобретение №3066/02 от 03.02.2009г. по заявке № 2006/0747.1 от 30.06.2006г. Развёртка-протяжка для обработки цилиндрических отверстий. /Касенов А.Ж., Дудак Н.С.
7. Предварительный патент Республики Казахстан № 16167 на изобретение. Протяжка для обработки цилиндрических отверстий среднего и большого диаметров / Дудак Н.С., Шерниязов М.А.; опубл. 15.09.2005, Бюл. № 9. – 10 с.: ил.
8. Инновационный патент Республики Казахстан № 22032 на изобретение. Новый способ и резцовая головка для получения отверстий точением / Дудак Н.С.; опубл. 15.12.2009, Бюл. № 12. – 14 с.: ил.

КОМБИНИРОВАННЫЕ РЕЗЬБОНАРЕЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Н.С. Дудак, к.т.н., доц., А.Ж. Касенов, к.т.н., А.Ж. Таскарина, доктор PhD

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

140008, г. Павлодар ул. Ломова 64, тел. (7182)-67-36-33

E-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Нарезание резьбы – это операция по обработке стержня или отверстия в детали при помощи резьбонарезного инструмента. Различают треугольные, прямоугольные и другие резьбы. Нарезание резьбы может быть правым или левым, в зависимости от направления витка резьбы. К основным элементам резьбы относятся шаг и угол профиля резьбы. Профиль резьбы зависит от формы режущей части инструмента, с помощью которого нарезается резьба. Как правило применяют три системы резьбы – метрическую, дюймовую и трубную.

Способы резьбонарезания, применяемый при этом резьбонарезной инструмент и резьбообрабатывающие станки весьма разнообразны. Образование резьбы способами нарезания и фрезерования производят: для наружной резьбы – резьбовыми резцами, винторезными головками, гребенчатыми и дисковыми резьбовыми фрезами, круглыми плашками; для внутренней резьбы – резцами, метчиками и гребенчатыми фрезами. Вихревые головки используют при нарезании одно- и многозаходных винтов и червяков в условиях крупносерийного производства. Способ накатывания наружных резьб плоскими плашками применяют на резьбонакатных станках и резьбонакатных автоматах. Способ накатывания резьбы накатными роликами используют для образования метрических резьб диаметром 3..68 мм с шагом $p = 0,5..6,0$ мм. Каждый из способов имеет свои определённые преимущества и применяется для нарезания резьбы различного типа [1].

Для повышения точности нарезаемой резьбы разработан комбинированный металлорежущий инструмент – резец-гребёнка, который обеспечивает объединение в одну операцию двух-трёх операций подготовки отверстия и сокращают время обработки.

На рисунке 1 показана схема нарезания резьбы комбинированным двухступенчатым инструментом: расточным резцом-гребёнкой [2, с. 365]. Расточной резец представляет собой первую ступень инструмента, а резьбонарезная гребёнка является второй ступенью сложного комбинированного инструмента. Для того, чтобы при работе расточного резца с осевой подачей получить качественное цилиндрическое отверстие, необходимо, чтобы после вершины резца имел место зачищающий участок шириной b , равной половине шага нарезаемой резьбы или несколько больше. На участке b главный угол в плане равен нулю. В этом случае резец будет растачивать цилиндрическое отверстие, а при величине этого участка, значительно меньше половины шага нарезаемой резьбы, будет нарезаться сочетание винтовых поверхностей типа резьбовых с профилем расточного резца. В практике работы часто необходимо иметь более высокую точность, чем могут обеспечить стандартные традиционные металлорежущие инструменты.

Конструктивные параметры металлорежущего инструмента, заготовки: 1 – заготовка; 2 – металлорежущий инструмент; ω_0 – вращательное движение заготовки или инструмента; ε_{rp} – угол профиля нарезаемой резьбы, равный 60° ; S_0 – осевая подача на оборот, равная шагу нарезаемой резьбы; D_p – наружный диаметр нарезаемой резьбы, мм; L_3 – длина заготовки, b – длина зачищающего участка режущей кромки расточного резца с главным углом в плане, равным нулю; φ_p – главный угол в плане расточного резца; φ_1^p – вспомогательный угол в плане резца; H_p – высота профиля нарезаемой резьбы.

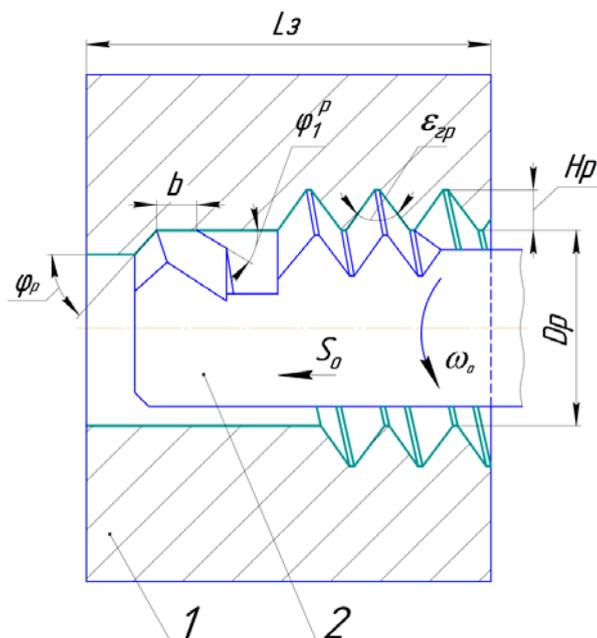


Рис. 1. Схема нарезания внутренней резьбы комбинированным инструментом резцом-гребёнкой

На рисунке 2 показана схема, характеризующая способ нарезания внутренней резьбы расточным резцом-гребёнкой с предшествующей расточкой отверстия расточным резцом [2, с. 366] с участком режуще-зачищающей кромки шириной b с главным углом в плане $\varphi = 0$ и с направляющей между резцом и гребёнкой. Добавление направляющей превратило двухступенчатый инструмент в трёхступенчатый. Направляющая позволяет повысить точность нарезаемой резьбы, т. к. уменьшает или предотвращает биение инструмента относительно отверстия заготовки. Так, при помощи направляющей разнофункциональные первая и третья ступени комбинированного инструмента лучше центрируются относительно оси, что повышает точность нарезаемой резьбы.

Конструктивные и геометрические параметры инструмента и заготовки на рисунке 2: D_n – наружный диаметр направляющей, мм; V_n – длина направляющей.

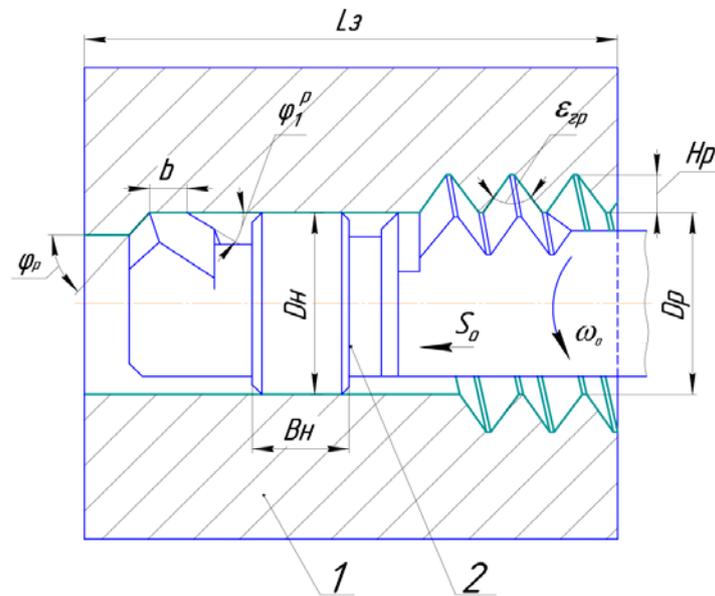


Рис. 2. Схема нарезания внутренней резьбы комбинированным инструментом резцом-гребёнкой с направляющей

Схемы нарезания резьбы повышенной точности более производительными комбинированными металлорежущими инструментами на рисунках 1 и 2 могут быть реализованы при условии, что применяющийся в них расточной резец будет изменён так, что при более высоких осевых подачах, равных шагу нарезаемой резьбы, будет применяться не обычный резец типа обычного токарного проходного [1, с. 34], а резец с участком зачищающим, на котором вспомогательный угол в плане равен нулю на участке от вершины до размера 4...5 осевых подач [1, с. 36]. При выполнении этого условия расточной резец с зачищающим участком на вспомогательной режущей кромке на схемах, показанных на рисунках 1 и 2, и повышает точность растачиваемого отверстия перед нарезанием резьбы.

Литература.

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.
2. Дудак Н. С. Нарезание внутренней резьбы повышенной точности новыми металлорежущими инструментами повышенной производительности // Материалы международной научно-практической конференции «VII Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвящённой 55-летию Павлодарского Государственного Университета имени С. Торайгырова, Павлодар, 2015 г., Т 5, С. 364...370.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ РУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ НАГРЕВЕ

П.П. Лазаревский, к.т.н., Ю.Е. Романенко, к.т.н.

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»

654007, г. Новокузнецк ул. Кирова 42, тел. (3843)-74-86-14

E-mail: lazura@ya.ru

На процесс выплавки и технико-экономические показатели производства ферросплавов влияет не только химический состав, но и физико-химические свойства материала. Производство ферросплавов осуществляют в рудовосстановительных печах, поэтому электросопротивление шихты оказывает большое влияние на показатели выплавки ферросплавов. Электрический режим работы рудовосстановительной электропечи в значительной степени зависит от электросопротивления применяемых рудных материалов, что совместно с химическим составом определяет основные металлургические свойства сырья.

Повышенные значения удельного электросопротивления обеспечивают глубокую посадку электродов в шихте и уменьшают растекание токов в верхних горизонтах печи, так как дают воз-

возможность увеличить рабочее напряжение, а, следовательно, и полезную мощность агрегата, что способствует снижению удельного расхода электроэнергии [1, 2].

С увеличением удельного электросопротивления шихты создается возможность ввести в шихту больше углеродистого восстановителя, что обеспечивает более высокое извлечение в сплав ведущих элементов. Таким образом, наилучшими материалами считают руды, имеющие наиболее высокое удельное электросопротивление [3].

Повышение температуры увеличивает электропроводность шихты в связи с тем, что оксиды руд имеют свойства полупроводников; также известно о значительном различии сопротивления минералов рудного сырья отдельных месторождений [4].

Для получения более полного представления о металлургической пригодности рудного сырья для производства ферросплавов необходимо изучить взаимосвязь химического и минералогического состава сырья с его электросопротивлением.

Эксперименты по изучению изменения электросопротивления при равномерном нагреве проводились на марганцевых рудах Западно-Сибирского региона (таблица 1), а также с применением кварцитов различных месторождений (таблица 2).

Таблица 1

Химический состав марганцевых руд [5]

руда	химический состав, %							
	Mn _{общ}	Fe _{общ}	P	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	ппп
Сугул	20,4	2,0	0,039	50,6	0,75	6,96	0,77	
Чеболдаг	26,04	17,2	0,12	23,7	0,27	2,47	нет	8,1
Сунгай	33,54	4,1	0,067	31,5	1,0	5,68	0,48	-
Чеболдаг конц.	36,98	10,78	0,118	14,27	2,03	11,25	0,23	8,1
Чумай	54,6	6,1	0,2	7,52	0,76	1,94	нет	-

Таблица 2

Химический состав кварцитов различных месторождений [6]

Наименование кварцитов	Компонентный состав, масс. %											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	Ba + Sr	Nb
Сунгайский	98,2-99,95	следы-0,21	следы-1,59	следы	следы	<0,01	<0,20	<0,02	<0,01	<0,01	<0,02	<0,003
Антоновский	97,5-98,54	0,30-0,63	0,20-0,40	0,51-0,70	<0,05	<0,02	<0,20	<0,07	<0,01	<0,01	<0,02	<0,003
Черемшанский	98,91-99,5	0,12-0,31	0,17-0,29	0,12-0,4	<0,05	<0,01	<0,20	<0,04	<0,01	<0,01	<0,02	<0,003
Уватский	97,73-96,8	3,24-0,49	0,77-0,08	0,01-0,03	<0,05	0,059-0,21	<0,20	0,49-0,19	<0,01	<0,01	<0,02	<0,003

Характер изменения сопротивления марганцевых руд во многом определяется природой марганцевого сырья и связанными с ней фазами переходами, поэтому предварительно были проведены рентгенофазовый и дифференциально-термический анализы марганцевых руд, результаты которых приведены в таблицах 2 и 3 [5].

Таблица 3

Результаты рентгенофазового анализа

Проба	Фазовый состав
Участок Сунгай	Присутствуют: крипомелан, кварц, тодорокит Вероятно: вернадит, примеси
Участок Сугул	Много: тодорокит Присутствует: кварц, крипомелан Немного: вернадит, примеси

Проба	Фазовый состав
Участок Чумай	Много: пиролюзит Присутствует: кварц, вернадит
Участок Аскиз	Много: браунит Немного: кальцит, пиролюзит, кварц Примеси: родохрозит, гетит
Участок Чеболдаг руда	Много: гетит Присутствует: кварц, голландит-криптомелан Немного: гематит, примеси
Участок Чеболдаг концентрат	Много: голландит-криптомелан, кварц, гетит Немного: примеси

Таблица 4

Результаты дифференциально-термического анализа		
Наименование материала	Температура, К	Фазовый состав
Сунгай руда	483	Дегидратация тодорокита и вернадита
	670	Дегидратация тодорокита
	846	Полиморфные превращения α -кварц \rightarrow β -кварц
	926	Превращение тодорокита в β -гаусманит
	978	Превращение криптомелана в β -курнакит
	1133	Превращение β -курнакит в β -гаусманит
	1208	Твердофазная реакция силикатообразования
Сугул руда	383	Удаление адсорбированной воды
	508	Дегидратация тодорокита и вернадита
	643	Дегидратация тодорокита
	798	Разложение криптомелана с образованием β -курнакит
	843	Полиморфные превращения α -кварц \rightarrow β -кварц
	938	Переход криптомелана в β -курнакит
	1093	Переход β -курнакит в β -гаусманит
	1208	Твердофазная реакция силикатообразования
Чумай руда	373	Потеря влаги
	483	Дегидратация вернадита
	653	Дегидратация гетита
	873	Образование α - Mn_2O_3
	913	Образование β - Mn_2O_3
	1103	Образование α -гаусманита
Аскиз руда	1208	Образование β -гаусманита и начало силикатообразования
	373	Потеря влаги
	483	Дегидратация вернадита
	653	Дегидратация гетита
	873	Образование α - Mn_2O_3
	913	Образование β - Mn_2O_3
	1103	Образование α -гаусманита
Чеболдаг руда	1208	Образование β -гаусманита и начало силикатообразования
	343	Потеря влаги
	441	Дегидратация
	603	Дегидратация гетита
	898	Диссоциация вернадита
	1098	Кристаллизация якобсита
1273	Образование гаусманита	

Наименование материала	Температура, К	Фазовый состав
Чеболдаг концентрат	370	Дегидратация
	463	Дегидратация
	578	Дегидратация гетита
	833	Диссоциация голландит-криптомелана
	913	Диссоциация вернадита
	1161	Кристаллизация якобсита
	1273	Образование гаусманита

Исследования по определению удельного электросопротивления проводили по методике, разработанной Институтом металлургии УрО РАН на установке, схема которой приведена на рисунке 2.

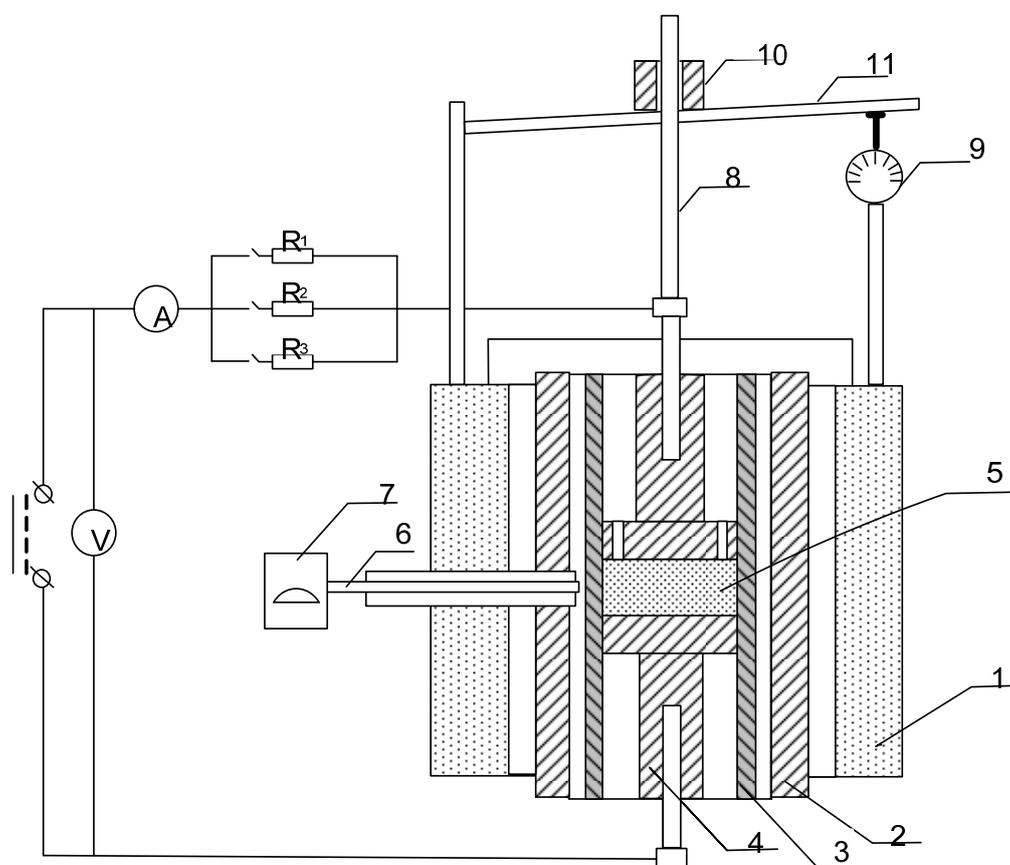


Рис. 1. Схема установки для измерения удельного электросопротивления
1 – печь сопротивления; 2 – угольный нагреватель; 3 – алундовая трубка;
4 – графитовый электрод; 5 – кварцит; 6 – термопара; 7 – потенциометр;
8 – стержень силитовый; 9 – индикатор, регистрирующий степень усадки
образца; 10 – груз; 11 – рычаг

Измельченную до фракции от 2,5 до 5 мм руду помещали между двумя графитовыми электродами. Навеска материала находилась под давлением 0,2 МПа [6, 7]. Такая нагрузка примерно соответствует средним значениям удельного давления на шихту в рудовосстановительной печи. На образец через электроды подавали постоянное напряжение 12 В и на амперметре фиксировали изменения величины тока в цепи в течение нагрева пробы от комнатной температуры до температуры, при которой информация на дисплее амперметра указывала «короткое замыкание». Скорость нагрева печи составляла 50 град/мин [8]. Результаты исследований приведены на рисунке 2.

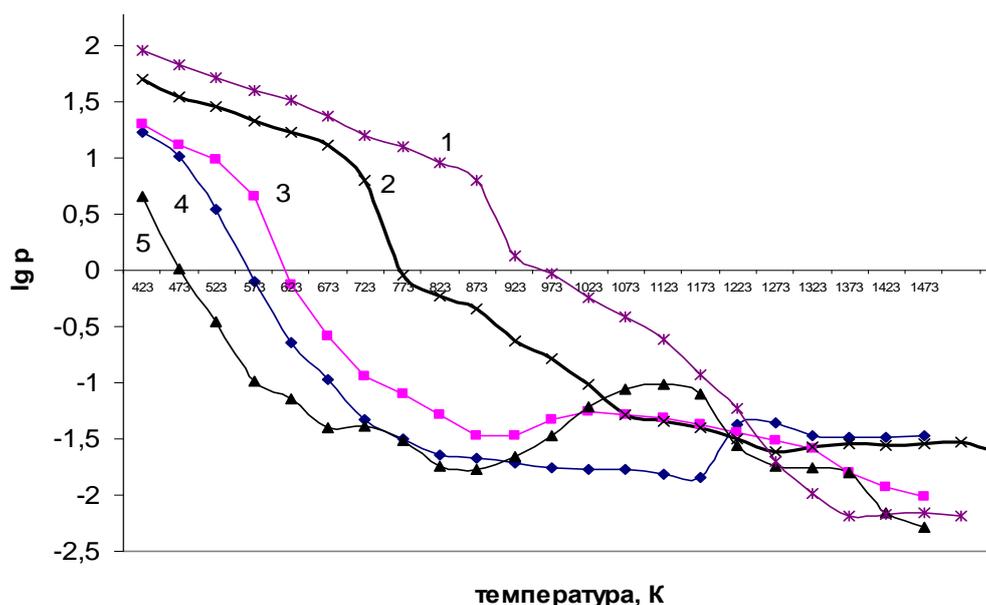


Рис. 2. Изменение удельного электросопротивления различных участков марганцевых руд от температуры 1 – Чеболдаг руда; 2 – Чумай; 3 – Сугул; 4 – Чеболдаг концентрат; 5 – Сунгай

Результаты экспериментов показали, что температурная зависимость изменения электросопротивления марганцевых руд имеет одинаковый характер. Во всех случаях с увеличением температуры наблюдается уменьшение электросопротивления материалов, что указывает на их полупроводниковые свойства.

Однако кривые 1, 2 отличаются от кривых 3, 4, 5, это обусловлено различными минеральными составами исследуемых руд и фазовыми переходами в минералах при нагреве.

Так образцы 1, 2, представляющие в основном пиролюзит и гетит, имеют более высокое удельное электросопротивление, что оказывает влияние на медленный темп снижения сопротивления в отличие от образцов 3, 4, 5, имеющих сложный минералогический состав тодорокита и криптомелана.

Анализ рисунка 2 показал, что перегибы, зафиксированные на кривых электросопротивления, соответствуют интервалам температурных превращений дифференциально-термического анализа.

При температурах 723 и 873 К в образцах 2, 1 соответственно происходит резкое снижение электросопротивления, обусловленное дегидратацией гетита и образованием α -курнакита для образца 2 и диссоциацией вернадита, для образца 1. Далее происходит стабильное уменьшение удельного электросопротивления вплоть до 1073 К для образца 2 и 1373 К для образца 1. У образца 2 в данной точке замедляется скорость уменьшения сопротивления, а у 1 наблюдается даже незначительное увеличение электросопротивления, что связано с образованием α -гаусманита, имеющего более высокое электросопротивление, чем биксбиит (β - Mn_2O_3). Подобное увеличение в образце 2 наблюдается при температуре 1273 К, что также связано с образованием β -гаусманита.

Существенное уменьшение удельного электросопротивления в образцах 3, 4, 5 происходит до температур 623 – 823 К, что объясняется однообразными превращениями в образцах в данном температурном интервале, наблюдаются процессы дегидратации и удаления сорбированной воды.

В образце 5 при температуре 673 К заметно увеличение удельного электросопротивления, что связано, вероятно, с дегидротацией тодорокита. В интервале температур 673 – 823 К наблюдается дальнейшее снижение сопротивления. Однако после 823 К наблюдается резкое увеличение электросопротивления на фоне полиморфных превращений α -кварцита в β -кварцит и образованием β -гаусманита.

Характер изменения кривых 3, 4 несколько схожи, однако кривая 3 при температуре 873 К имеет незначительное увеличение электросопротивления, что связано с полиморфными превращениями α -кварцита в β -кварцит, как и у образца 5, но которых не обнаружено у образца 4. После в образце 3 происходит плавное снижение электросопротивления, в то время как у образца 4 наблюдается резкое повышение электросопротивления при 1173 К, связанного с образованием яkobcита, имеющего более высокое электросопротивление по сравнению с рамсделитом, имеющего место до образования яkobcита.

Дальнейшее увеличение температуры не приводит к существенным изменениям в характере кривых, наблюдается постепенное уменьшение удельного электросопротивления, что связано с процессами размягчения образцов. При температурах 1273 – 1373 К полиморфные превращения гаусманита теоретически должны увеличить удельное электросопротивление, но, вследствие процессов размягчения этот фактор отсутствует, что приводит к замедленному уменьшению электросопротивления.

Таким образом, исследования показали, что на значение электросопротивления марганцевых руд влияют их минералогический и химический состав образцов. В интервале температур от 723 К до 1273 К существенное значение на характер кривых влияют фазовые превращения, происходящие в рудах при нагреве. Дальнейший рост температур приводит к стабильному незначительному уменьшению удельного электросопротивления.

Установлено также, что наилучшими материалами для производства марганцевых ферросплавов в рудовосстановительной печи по величине удельного электросопротивления являются руды участка Чумай и концентрат участка Чеболдаг, имеющих наиболее высокое удельное электросопротивление в высокотемпературной зоне эксперимента.

Результаты исследований изменения электросопротивления кварцитов приведены на рисунке 3.

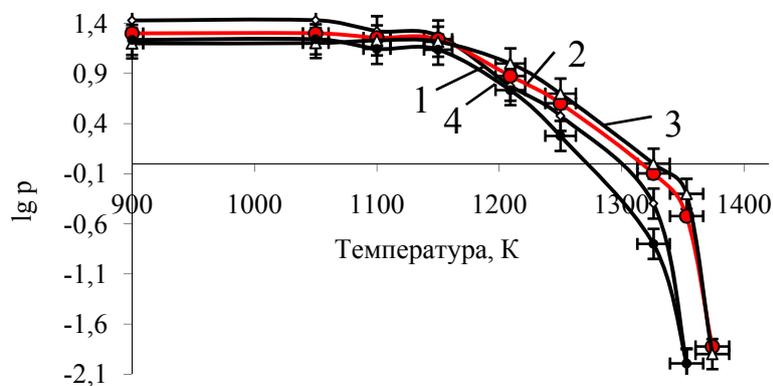


Рис. 3. Зависимость изменения удельного электросопротивления кварцитов от температуры кварциты месторождения: 1 – Антоновского; 2 – Сунгайского рудопоявления; 3 – Черемшанского; 4 – Уватского

Из анализа результатов исследований следует, что в интервале температур от 297 до 1050 К изменений значений УЭС во всех образцах не происходит. Дальнейшее увеличение температуры приводит к существенным изменениям в характере кривых: наблюдается резкое уменьшение УЭС кварцита. Полученные результаты показали, что по значениям удельного электросопротивления исследуемые кварциты не имеют существенных отличий друг от друга.

Таким образом, исследования электросопротивления рудных материалов ферросплавного производства при нагреве позволили установить зависимость качественных характеристик рудных материалов на динамику изменения электросопротивления руд. Полученные результаты позволят определить и спрогнозировать электрические параметры и технологические условия работы промышленных агрегатов.

Литература.

1. Николайшвили Г.У. Электросопротивление и размягчение габонского марганцевого концентрата / Г.У. Николайшвили, Т.И. Сигуа // В сб. «Совершенствование технологии производства марганцевых сплавов». – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1983. – С. 164 – 169.
2. Электросопротивление углеродистых восстановителей и шихт для плавки АМС / Радугин В.А. и [др.]. // В сб. «Производство стали и ферросплавов». – Новокузнецк: СМИ, 1969. – С. 246 – 252.
3. Жданов А.В. Изучение электросопротивления материалов и шихт, применяемых для получения ферромарганца / А.В. Жданов, О.В. Заякин, В.И. Жучков // Электротехнология – 2007. - № 6. – С. 24 – 27.
4. Кекелидзе М.А. Электросопротивление пиролюзита, манганита и псиломелана / М.А. Кекелидзе, Г.У. Николайшвили, Л.И. Чванидзе // Сб. «Переработка железных и марганцевых руд Закавказья». – Тбилиси: Мецниереба, 1975. – С. 83 – 91.

5. Романенко Ю.Е. Исследование металлургических свойств марганцеворудного сырья и природных восстановителей западной сибери для получения сплавов на основе марганца: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Ю.Е. Романенко. – Новокузнецк., 2011. – 150 с.
6. Лазаревский П.П. Комплексное изучение металлургических характеристик и повышение эффективности использования кварцитов Сунгайского рудопроявления: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / П.П. Лазаревский. – Новокузнецк., 2013. – 120 с.
7. Лазаревский П.П. Изучение температуры плавления и электросопротивления кварцитов различных месторождений / П.П. Лазаревский, И.Д. Рожихина. Исследование различных направлений современной науки. VIII Международная научно-практическая конференция. [Электронный ресурс]. – М.: Издательство «Олимп», 2016. – 1426с.
8. Электропроводимость и температура начала восстановления шихты производства низкоуглеродистого феррохрома / Роцин А.В. и [др.]. // Известия Вуз. ЧМ. – 2000. - №9. – С. 7 – 9.

УПРАВЛЕНИЕ ВИДОМ И ФОРМОЙ СТРУЖКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

А.А. Ласуков¹, к.т.н., доц., К.В. Зайцев¹, к.т.н., доц., Н.А. Ласукова², ученица класса 10Б шк. №10,
В.В. Писмаркин¹, студент гр. 10А31

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

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 77761

² МБОУ "Средняя общеобразовательная школа № 10 г.Юрги" Кемеровской области
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Московская, 33

E-mail: lasukow@rambler.ru

Вид получаемой стружки влияет на многие факторы процесса производства. Создание станков повышенной быстроходности, жесткости и мощности, внедрение новых инструментальных материалов привело к существенному росту эффективности механической обработки, ее производительности в основном за счет увеличения скорости резания. С увеличением скоростей резания возникает необходимость обеспечения безопасного и рационального отвода стружки. Контроль за видом стружки в резании металлов важен для получения дробленой стружки и для облегчения ее утилизации, а также для защиты обрабатываемой поверхности, режущего инструмента, рабочего, для уменьшения затрат энергии при обработке материалов [1]. С появлением автоматизированных операций обработки необходимость контроля за стружкой и качеством обработки сборных изделий значительно возросла [2, 3, 4]. Умение управлять процессом стружкообразования важно также и при обработке восстановленных деталей машин [5]. В практике обработки конструкционных материалов выработан один из наиболее распространенных способов - резание инструментом, имеющим канавки на передней поверхности или препятствия на пути схода стружки. Это обеспечивает удовлетворительный отвод стружки. Сходящая стружка в таких случаях получается, как правило, сливной. Обработка материалов, при резании которых преобладает элементный характер стружкообразования, не является фактором, сдерживающим производство и работу на повышенных скоростях. В то же время изготовление специальных элементов на инструменте связано с определенными трудностями и приводит к его удорожанию.

Получение элементной стружки при обработке на станках облегчает ее удаление из зоны резания, что особенно важно при работе на станках-автоматах. Зелинский А.Н. [6] указывает на то, что при обработке с образованием элементной стружки увеличивается стойкость инструмента.

Исследование формирования стружки является наиболее эффективным и дешевым способом понимания характеристик обработки материалов.

Согласно исследованиям Куфарева Г.Л. [7] для обеспечения дробления стружки необходимо выполнить следующие условия: получение стружки с достаточной жесткостью; завивание стружки, обеспечиваемое неравномерностью деформации в различных слоях металла; направление движения стружки на естественное препятствие, изгибающее стружку в обратную сторону завиванию. Элементные стружки являются, как правило, жесткими, обладают переменной прочностью и имеют слабые связи по длине стружки в местах локализации деформации. Завивание этих стружек обеспечивается различием скоростей отдельных слоев металла в пластической области зоны стружкообразования. Направление движения стружки, изгибая ее в нужную сторону, можно обеспечить, изменяя радиус кривизны стружки в сторону его уменьшения.

Получение нужных формы и вида стружки очень сильно зависит от условий контакта на передней поверхности инструмента. Очевидно, что эти явления связаны с адгезионными свойствами обрабатываемого и инструментального материалов, что и было показано на основе конструкционных металлов [8, 9].

Повышенная адгезионная способность контактирующих материалов приводит к возрастанию силы трения на передней поверхности. А это приводит, как было показано выше, к изменению силы взаимодействия между элементами и образованию сливных стружек. Поведение металлов при трении зависит от их взаимной растворимости в твердом состоянии и способности образовывать между собой химические соединения. Таким образом, основным фактором, определяющим характер трения на передней поверхности, является способность металлов образовывать твердые растворы и интерметаллические соединения. Т.е. определяющее влияние на характер трения оказывают те химические свойства обрабатываемых материалов, от которых зависит их взаимная растворимость в твердом состоянии.

Зная условия перехода сливной стружки в элементную, можно управлять видом стружки без дополнительных элементов на инструменте, делая его дешевле. Управлять видом стружки можно посредством изменения свойств передней поверхности инструмента, меняя контактные условия. Одним из путей решения данной задачи является ионная имплантация инструмента ионами различных материалов. Это в свою очередь приводит при обработке титановых, жаропрочных и коррозионно-стойких сплавов, когда процесс обработки сопровождается интенсивным износом инструмента, к значительному повышению стойкости инструмента.

Изменяя свойства передней поверхности инструмента [10], можно управлять процессом стружкообразования за счет трансформации его основных характеристик: длина контакта, коэффициент трения, силы резания, угол сдвига и т.д. Ионная имплантация режущего инструмента приводит к изменению адгезионного взаимодействия стружки с инструментом. Вследствие этого изменяется характер стружкообразования, повышая в большинстве случаев хрупкость стружки, что облегчает ее ломание и удаление из зоны резания. Другие способы воздействия на инструмент из быстрорежущей стали показаны в работе [11], обработка пластин электронно-импульсным пучком рассмотрена в работе.

Выбор материала для имплантации должен осуществляться, исходя из условия максимального снижения вероятности схватывания между обрабатываемым материалом и инструментом.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что, изменяя свойства передней поверхности, можно управлять процессом образования стружки, добиваясь нужных ее формы и вида. Учитывая, что параллельно с изменением характера стружкообразования, ионная имплантация влияет на работоспособность инструмента, имеет смысл для решения этих задач применять при обработке инструмент с модифицированной поверхностью.

В настоящей работе приводятся экспериментальные данные по обработке конструкционной стали 30ХГСА имплантированным инструментом. В качестве инструментального материала применялись четырехгранные пластинки из твердого сплава Т5К10. Имплантация производилась на установке ИОН-700 следующими материалами: Al, BN, TiB₂, ZrGf и Zr. Кроме этого, использовались пластинки с покрытием TiN, которые дополнительно подвергались имплантации различными материалами.

Обработка заготовки производилась на токарно-винторезном станке с ЧПУ 16K20Ф3С32 при постоянной подаче $S=0,21$ мм/об и глубине резания $t=2$ мм. Скорость резания при этом изменялась в довольно широком диапазоне $V=50...200$ м/мин. При этом параллельно регистрировали изменение силы резания и характеристик стружкообразования.

Как показывают экспериментальные данные по обработке конструкционной стали, стружка оказывается довольно чувствительной к изменению свойств инструментальной поверхности.

При обработке неимплантированным инструментом во всем диапазоне режимов резания образуется сливная стружка, которая в процессе обработки достаточно сильно запутывается. Такая стружка, с точки зрения безопасной работы, является неудобной и, скапливаясь в зоне обработки, мешает нормальной работе оборудования. При этом она скользит по поверхности детали, ухудшая качество обработанной поверхности [12]. Наматывание стружки на инструмент может приводить к потере его работоспособности. К тому же остановка работы для удаления такой стружки приводит к простоям оборудования, а, следовательно, к снижению производительности. При обработке таким инструментом наблюдаются высокие значения сил резания, что будет сказываться на стойкости инструмента, снижая последнюю.

В таблицах 1 и 2 представлены изменение внешнего вида стружки и ее боковой поверхности в зависимости от изменения скорости резания и вида модифицированной поверхности.

Анализ параметров процесса резания показал изменения сил резания, усадки стружки и угла сдвига при обработке в указанных условиях. Интересно заметить, что имплантация инструмента любым из применяемых в наших экспериментах материалов приводит к снижению усилий резания, усадки и увеличению угла сдвига. Все это приводит к более благоприятным условиям обработки стали, а также снижению энергетических затрат при резании [13].

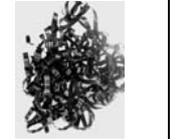
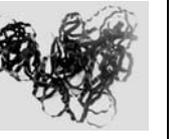
Следует отметить, что инструмент с покрытием TiN и дополнительно имплантированный TiB₂ практически не оказывает влияния на процесс стружкообразования при обработке стали 30ХГСА. Как видно из представленных фотографий очень слабо меняется внешний вид стружки; боковая сторона стружки также не показывает изменения. Зато главная составляющая силы резания при этом интенсивно снижается в исследуемом диапазоне скоростей резания. Угол сдвига хоть и имеет большие значения, но в процессе обработки практически остается неизменным во всем исследуемом диапазоне скоростей резания. Усадка стружки имеет довольно низкие значения и с увеличением скорости резания меняется незначительно.

При имплантации инструмента другими материалами стружка из явно элементной при низких скоростях резания переходит в сливную с повышением скорости резания. Внешний вид стружки показывает, что стружка из «кусочечной» с повышением скорости превращается в ленту и в некоторых случаях образует клубки, тяжело удаляемые из зоны обработки. С такой стружкой также тяжело работать при скоростях, применяемых на производстве.

Свойства инструментальной поверхности оказывают разное влияние даже при имплантации инструмента одинаковым материалом. Из таблицы 1 видно, что при обработке инструментом, имплантированным алюминием (Al), стружка с повышением скорости резания превращается в ленту. Стружка, полученная при обработке инструментом с предварительно нанесенным покрытием (нитрид титана – TiN) и имплантированным ионами (Al), имеющая на низких скоростях сливной характер (зубчики на боковой поверхности не просматриваются), сохраняет таковой, на первый взгляд, и при высоких скоростях. Но при небольшом усилии она рассыпается на кусочки. Т.е. свойства покрытия совместно с имплантированным материалом уменьшают силы на передней поверхности, а именно силу трения, что приводит к образованию подобной стружки.

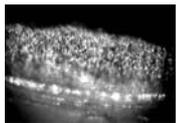
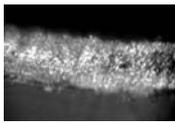
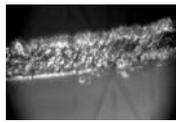
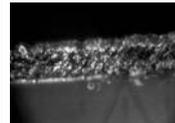
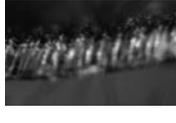
Таблица 1

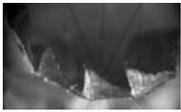
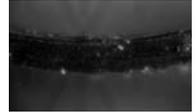
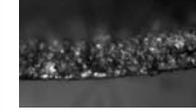
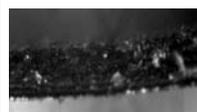
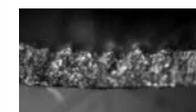
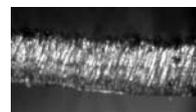
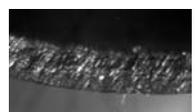
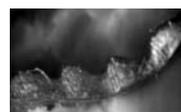
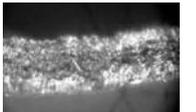
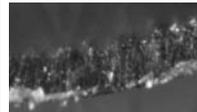
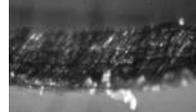
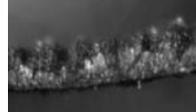
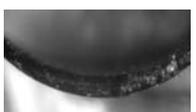
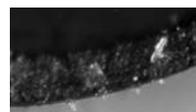
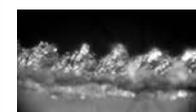
Имплантированный материал	Изменение внешнего вида стружки				
	Скорость резания, м/мин.				
	50	80	126	159	202
T5K10 (исходная)					
Al					
TiB ₂					
Zr					

Имплантированный материал	Скорость резания, м/мин.				
	50	80	126	159	202
BN					
Al с покрытием					
TiB ₂ с покрытием					
ZrGf с покрытием					

Представляет практический интерес обработка стали пластинами с покрытием TiN, дополнительно имплантированными ионами ZrGf (гафния 20%). При обработке таким инструментом наблюдается обратная картина стружкообразования. С увеличением скорости происходит переход к элементной стружке. Как показано в таблице 1 стружка на скоростях, близких к используемым на производстве (скорость примерно равна 200м/мин), рассыпается на отдельные элементы. Такая стружка удобна для удаления, транспортировки и переработки. Анализ изменения силы резания показал, что при этом существенно уменьшается главная составляющая силы резания (до 300 – 350 Н.) по сравнению с неимплантированным инструментом. Значения силы резания оказались ниже и по сравнению с работой инструментом, имплантированным другими материалами. Усадка стружки при обработке таким инструментом имеет малые значения и с изменением скорости резания меняется незначительно. Это свидетельствует о снижении степени деформации при обработке таким инструментом, что приведет к снижению нагрузок на инструмент и увеличению его работоспособности.

Таблица 2

Имплантированный материал	Боковая сторона стружки Скорость резания, м/мин.				
	50	80	126	159	202
T5K10 (исходная)					
Al					

Имплантированный материал	Скорость резания, м/мин.				
	50	80	126	159	202
TiB ₂					
Zr					
BN					
Al с покрытием					
TiB ₂ с покр.					
ZrGf с покрытием					

Объяснением этим явлениям может быть изменение адгезионных свойств на передней поверхности резца. При работе инструментом, имплантированным разными материалами, сила схватывания поверхностей стружки и инструмента различна. Аналогичные явления наблюдаются и при напылении деталей машин [14]. Схватывание вызывает застойные явления: на некоторой части длины контакта сцепление между разнородными металлическими поверхностями (стружка – резец) становится большим, чем сопротивление сдвигу контактного слоя стружки, тонкий слой затормаживается и дальнейшее скольжение происходит уже в материале стружки. Данный слой, очевидно, не позволяет стружке окончательно рассыпаться на элементы на повышенных скоростях резания. Интенсивность явлений схватывания определяется, главным образом, способностью контактирующих металлов взаимно растворяться [15].

Особенность такого взаимодействия инструмента, имплантированного ионами ZrGf, очевидно объясняется малым взаимодействием этих элементов с железом. Вероятность схватывания на передней поверхности уменьшается, силы резания снижаются, происходит переход к элементной стружке. Это говорит о разной степени протекания деформации в зависимости от свойств инструментальной поверхности.

В работе [16] проведен анализ равнодействующей силы резания и радиальных напряжений, возникающих в инструменте. Величина равнодействующей во всех случаях работы имплантированным инструментом получается меньше, чем при работе обычным инструментом. Причем при обра-

ботке инструментом с покрытием TiN+ZrGf значение равнодействующей оказывается наименьшим. Установлено и снижение напряжений при работе имплантированным инструментом. Снижения напряжений в инструменте, как указывают авторы, достигают за счет снижения равнодействующей силы резания и уменьшения угла между равнодействующей сил и биссектрисой угла клина ψ .

При работе инструментом, имплантированным TiB₂, данный угол увеличивается [16] во всем исследуемом диапазоне режимов резания. Это связано, очевидно, с малыми значениями сил в горизонтальной плоскости. При работе же инструментом с покрытием TiN+ZrGf данный угол уменьшается и имеет достаточно низкие значения. При этом равнодействующая сил приближается к биссектрисе угла режущего клина. Фотографии стружек показывают, что при имплантации инструмента TiB₂ с увеличением скорости стружка становится путаной. При обработке инструмента составом TiN+ZrGf стружка с увеличением скорости переходит в элементную и становится удобной для удаления из зоны резания.

Вышеприведенные исследования показывают, что ионная имплантация режущего инструмента несомненно приведет к изменению стойкости инструмента и качества обрабатываемой поверхности. Следовательно, можно сказать, что, изменяя свойства инструментальной поверхности посредством ионной имплантации, можно управлять процессом стружкообразования, повышать работоспособность инструмента, снижать энергетические затраты процесса резания, обеспечивать безопасное удаление стружки из зоны резания.

Исходя из анализа экспериментальных данных, можно рекомендовать для применения на автоматических линиях и станках с ЧПУ, не усложняя конструкцию инструмента дополнительными элементами для дробления стружки, при обработке стали 30ХГСА пластины из твердого сплава T5K10 с покрытием из TiN, имплантированными ионами ZrGf (гафния 20%).

Литература.

1. Aco Anti, Petar B. Petrovi, Milan Zeljkovi, Borut Kosec, Janko Hodoli The influence of tool wear on the chip-forming mechanism and tool vibrations // *Materials and technology* – 2012 - №3 (46). -p.p. 279–285.
2. Zhang X.D., Lee L.C., KHW Seah, Knowledge Base for Chip Management System // *Journal of Materials Processing Technology*. –1995 – Vol. 48, pp. 215-221.
3. Вальтер А.В., Лагунов С.Е. Определение припуска на поверхности вращения сборных корпусных изделий геохода // *Актуальные проблемы машиностроения*. – 2015. – № 2. – С. 152-157.
4. Вальтер А.В., Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Чазов П.А. Определение погрешности расположения секторов стабилизирующей секции геохода на основе данных координатного контроля // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. – 2015. – № 4 (69). – С. 31-42.
5. Valentov A.V., Konovodov V.V., Agafonova E.V. Forecasting residual and operating stress in soldering cutting tools with tungsten-free hard alloy inserts // *Applied Mechanics and Materials*. –2013. – Vol. 379, pp. 28-31.
6. Зелинский А.Н. Повышение производительности механической обработки управлением процессами деформирования материала срезаемого слоя: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Тула, 1974.
7. Куфарев Г.Л., Окенов К.Б., Говорухин В.Д. Стружкообразование и качество обработанной поверхности при несвободном резании. Фрунзе: Мектеп, 1970. - 169 с.
8. Ковалевская Ж.Г., Толмачев А.И., Клименов В.А., Зайцев К.В. Исследование адгезии покрытий, полученных высокоскоростным газопламенным напылением // *Сварочное производство*. – 2014. – № 2. – С. 40-45.
9. Klimenov V.A., Kovalevskaya Z.G., Ul'yanitskii V.Y., Zaitsev K.V., Borozna V.Y. Effect of ultrasound treatment of the substrate on the formation of the coating in detonation spraying // *Welding International*. – 2010. – Т. 24. – № 10. – С. 803-807.
10. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание металлов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: Учеб. для техн. вузов. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 448с.ил.
11. Petrova V. A., Bakanov A. A., Walter A. V. Crack Resistance of Weld Seals, Hardening Methods and Composite Tools Quality // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – vol. 682. – pp. 431–437.
12. Guosheng Sua, Zhanqiang Liuc, Liang Lie, Bing Wangc, Influences of chip serration on microtopography of machined surface in high-speed cutting // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2015. – Vol. 89. – pp. 202-207.
13. Astakhov V.P., Shvets S.V., Osman M.O.M. Chip structure classification based on mechanics of its formation // *Journal of Materials Processing Technology*. – 1997. – Vol. 71. – pp. 247 257.

14. Klimenov V.A., Kovalevskaya Z.G., Ul'yanitskii V.Y., Zaitsev K.V., Borozna V.Y. Effect of ultrasound treatment of the substrate on the formation of the coating in detonation spraying // Source of the Document Welding International – 2010. – v. 24 (10). – pp. 803-807.
15. Брюхов В.В. Повышение стойкости инструмента методом ионной имплантации. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 120с.
16. Lasukov A.A., Mikhovikov A.A. Influence of modified layer of tool on stress - Strain state of cutting wedge, Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ С СОТС

В.Ф. Макаров, д.т.н., проф., С.П. Никитин, к.т.н., доц.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Адрес 614990 г. Пермь, Комсомольский пр., д.29, тел. 8 (342) 219-82-95

E-mail: makarovv@pstu.ru

Физические процессы, происходящие в зоне обработки при глубинном шлифовании, развиваются в рамках замкнутой системы, которая включает упругую систему станка, процесс глубинного шлифования и теплообмен в зоне резания. Взаимодействие этих процессов определяет устойчивость глубинного шлифования, динамику тепловых и контактных деформаций в зоне обработки, которые влияют на качество и надежность обрабатываемых деталей [1].

В работе [2] была предложена математическая модель и методика расчетов тепловых процессов при абразивной обработке, как часть комплексной тепло-динамической системы шлифовального станка. Для построения математической модели использован метод прямой аналогии, который позволяет отразить как тепловые, так и процессы другой физической природы. На основе данной модели были исследованы вопросы устойчивости глубинного шлифования без учета теплоотвода с помощью СОТС. Для учета теплоотвода с СОТС необходимо доработать динамическую модель тепловых процессов при глубинном шлифовании.

Представим схему итоговых потоков теплообмена между инструментом Q_k , заготовкой Q_d , стружкой $Q_{стр}$, а также смазочно-охлаждающим технологическим средством $Q_{СОТС}$, как показано на рис. 1.

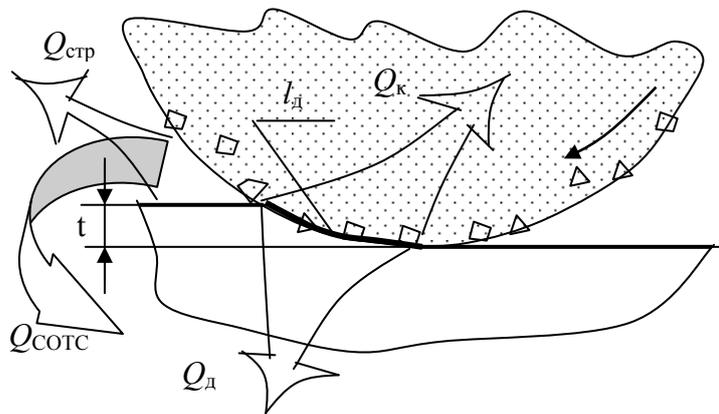


Рис. 1 Схема итоговых потоков теплообмена при глубинном шлифовании с СОТС

Используя метод прямой аналогии и необходимые допущения, получаем следующую эквивалентную схему, которая отражает динамику тепловых процессов при глубинном шлифовании при использовании СОТС (Рис. 2).

Потенциалы в узловых точках эквивалентной схемы отражают средние температуры условных элементов исходной системы. Узел 1 определяет среднюю температуру стружки, узел 2 связан со средней температурой на передней поверхности обобщенного зерна. Узел 3 показывает среднюю

температуру в теле обобщенного зерна. Узел 4 дает среднюю температуру на задней поверхности обобщенного зерна. Узел 5 связан со средней температурой поверхности заготовки.

Источники типа потока отражают тепловые источники, возникающие при шлифовании. Теплота деформации Q_d приложена к узлу 1 (Q_{dc}) и к узлу 5 (Q_{di}) при условии, что скорость движения стружки превышает скорость распространения тепла в обрабатываемом материале за счет теплопроводности. Для шлифования это справедливо во всех случаях. Источник теплоты трения стружки по передней поверхности Q_{tp} приложен к узлу 2. Источник теплоты трения заготовки по задней поверхности Q_{tz} приложен к узлу 4.

Резистивные элементы эквивалентной схемы отражают теплопроводность участков. Значения резистивных элементов определены исходя из тепловых моделей, представленных в [3].

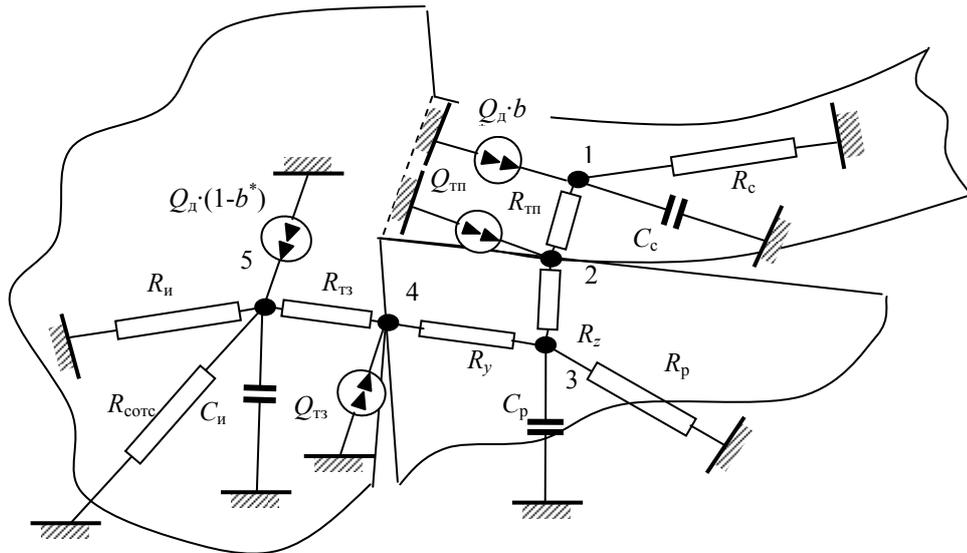


Рис. 2. Эквивалентная схема тепловых потоков при глубинном шлифовании с СОТС

Элемент R_{tp} определяет теплообмен между стружкой и передней поверхностью режущего клина. Его значение находится из выражения:

$$R_{tp} = \frac{0,0183}{\lambda \cdot l_1 \cdot b} \sqrt{\frac{\omega \cdot l_1}{v}}, \quad (1)$$

где ω – коэффициент температуропроводности, m^2/c ;
 λ – коэффициент теплопроводности, $Вт/(м \cdot град)$;
 v – скорость резания, $м/с$;
 l_1 – длина контакта стружки с передней поверхностью, $м$;

Элемент R_{tz} , аналогично, определяет теплообмен между изделием и задней поверхностью зерна. Его значение находим из выражения:

$$R_{tz} = \frac{0,013}{\lambda \cdot l_2 \cdot b} \sqrt{\frac{\omega \cdot l_2}{v}} \quad (2)$$

где ω – коэффициент температуропроводности, $м^2/с$;
 λ – коэффициент теплопроводности, $Вт/(м \cdot град)$;
 v – скорость резания, $м/с$;
 l_2 – длина контакта по задней поверхности, $м$;

Элемент R_c отражает отвод тепла со стружкой из зоны резания. Его значение определяется выражением:

$$R_c = \frac{0,6 \cdot \omega \cdot k}{\lambda \cdot v \cdot a \cdot b} \quad (3)$$

где a – толщина сечения стружки, м.

Элемент R_{ii} учитывает теплоотвод из зоны резания в глубину изделия за счет его относительного движения.

$$R_{ii} = \frac{0,008}{\lambda \cdot l_2 \cdot b_z \sqrt{\pi \cdot v_{ii}}} \sqrt{\frac{\omega \cdot l_d}{v}} \quad (4)$$

Элементы R_z, R_y отражают теплообмен между задней и передней поверхностями зерна. Их значение находится исходя из сопротивления тепловому потоку материала инструмента и координаты точки 3, в которой определяется средняя температура.

$$\begin{aligned} R_z &= \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta Z}{\Delta X \cdot \Delta Y} \\ R_y &= \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta Y}{\Delta X \cdot \Delta Z} \end{aligned} \quad (5)$$

где λ – коэффициент теплопроводности;

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – размера участка режущей части инструмента.

Элемент R_k учитывает отвод тепла от зерна в связку круга. Его значение находится из условия сопротивления потоку тепла контактов соединений.

$$R_k = \frac{\ln 2,94 \cdot x_{cp} - \ln d}{2\pi \cdot x_{cp} \cdot \lambda_k} \quad (6)$$

где x_{cp} – средняя величина зерна;

d – средний диаметр зерна;

λ_k – коэффициент теплопроводности контакта;

$\lambda_k = 0,002 \dots 0,006$ [кал/см·с·°С] – для кругов на органической связке;

$\lambda_k = 0,07 \dots 0,15$ [кал/см·с·°С] – для кругов на металлической связке;

$\lambda_k = 0,001 \dots 0,003$ [кал/см·с·°С] – для кругов на керамической связке.

Если принять $d \approx 0,6x_{cp}$, то получим:

$$R_k = \frac{1}{3,95 \cdot x_{cp} \cdot \lambda_k} \quad (7)$$

Емкостные элементы C_i в эквивалентной схеме учитывают теплоемкость участков и находятся из выражения:

$$C_i = C_0 \cdot \Delta X \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z \quad (8)$$

где C_0 – удельная теплоемкость материала.

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – размеры рассматриваемого участка;

Элемент R_{cotc} учитывает отвод тепла из зоны резания с потоком смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС).

Динамика теплового поля в зоне резания при глубинном шлифовании во многом определяется теплообменом, обусловленным процессом течения смазочно-охлаждающего технологического средства в образующихся каналах, конвективного переноса энергии, кипения жидкости и т.д. Процесс глубинного шлифования происходит при подаче большого количества СОТС в зону обработки под большим давлением. При этом в зону контакта заготовки и шлифовального круга попадает не вся СОТС [4, 5]. В зону контакта заготовки и шлифовального круга СОТС проникает в результате затягивания ее абразивным кругом в узкую часть клинообразной щели и вследствие образования разрежения за зоной резания по направлению вращения круга [6]. Режим теплообмена во многом определяется скоростью потока СОТС, которая определяется схемой рис. 3.

Скорость потока СОТС в этих условиях может быть определена по выражению

$$V_{ж} = \frac{(P_{\max} - P_0) \cdot h_0^2}{12 \cdot \mu_{ж} \cdot L_{щ}} + \frac{V_{кр}}{2} \quad (9)$$

где P_{\max} , P_0 - максимальное и вакуумное давление в гидродинамическом клине,

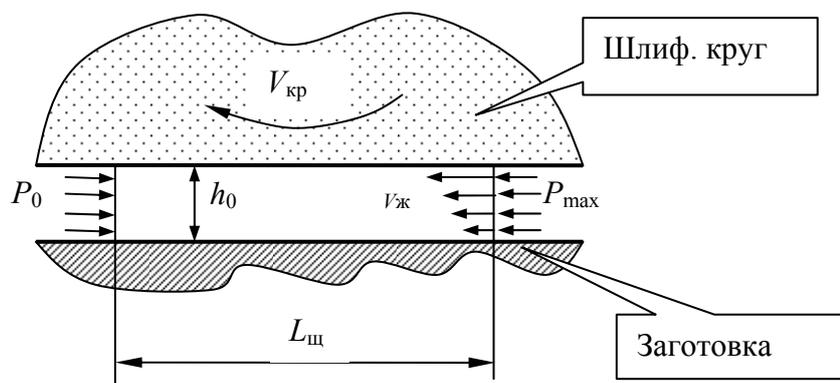


Рис. 3. Схема условий течения СОТС в зоне контакта шлифовального круга и заготовки

$L_{щ}$ - длина щели ($L_{щ} \approx l_d$),

l_d - длина контакта шлифовального круга с заготовкой,

h_0 - среднее расстояние от связки до обрабатываемой поверхности,

$\mu_{ж}$ - коэффициент динамической вязкости СОТС.

Для определения величины h_0 можно использовать выражение

$$h_0 = 0,15 \cdot d, \quad (10)$$

где d - средний размер зерна.

При этом в зоне контакта может наблюдаться ламинарный, переходный или турбулентный режим течения, которые будут определять теплообмен в зоне резания. На теплообмен может оказывать влияние также кипение смазочно-охлаждающего технологического средства. Возникновению турбулентного режима течения способствует внешнее движение абразивных зерен и способ подачи жидкости под давлением. Однако в узком канале между шлифовальным кругом и поверхностью заготовки течение СОТС стабилизируется и при моделировании можно принимать ламинарный режим течения.

Энергия, отдаваемая поверхностью теплообмена в элементарный объем СОТС за время движения в зоне контакта определяется выражением

$$Q = \alpha_0 \cdot \Delta \cdot b \cdot T_{\alpha} \cdot (\theta_n - \theta_{ж}), \quad (11)$$

где θ_n - температура на поверхности теплообмена,
 $\theta_{ж}$ - средняя температура СОТС за период движения в зоне контакта,
 b - ширина контакта шлифовального круга и заготовки,
 α_0 - коэффициент теплообмена,
 T_α - постоянная времени процесса теплообмена,
 Δ - длина элементарного объема СОТС.
 Значение $\theta_{ж}$ можно принять равной температуре окружающей среды.
 Значение постоянной времени T_α определяется выражением

$$T_\alpha = \frac{h_0 \cdot c_{ж} \cdot \rho_{ж}}{\alpha_0}, \quad (12)$$

где $c_{ж}$ - теплоемкость СОТС,
 $\rho_{ж}$ - плотность СОТС.

Для условий глубинного шлифования постоянная времени изменяется в достаточно широких пределах $T_\alpha = 0,1 \dots 0,005$ с.

Значение $R_{\text{сотс}}$ при этих допущениях может быть определено по выражению

$$R_{\text{сотс}} = \frac{1}{\alpha_0 \cdot l_d \cdot B \cdot T_\alpha \cdot \left[\frac{(P_{\text{max}} - P_0) \cdot h_0^2}{12 \cdot \mu_{ж} \cdot L_{\text{ш}}} + \frac{V_{\text{кр}}}{2} \right]}. \quad (13)$$

Выводы:

- Предложенная модель может быть использована при исследовании особенностей динамики тепловых процессов при глубинном шлифовании лопаток. Она позволяет изучать влияние условий глубинного шлифования с СОТС на тепловые процессы в зоне обработки, на относительные смещения шлифовального круга и заготовки из-за динамических явлений, которые влекут за собой значительные отклонения геометрической формы, изменения температуры в зоне резания и, соответственно, микроструктуры поверхностного слоя.

- Является целесообразным предсказание качества глубинного шлифования с СОТС на основе исследований с использованием данной математической модели, которая позволяет получить динамические характеристики без дорогостоящих натурных испытаний.

Литература.

1. Макаров В.Ф. Современные методы высокоэффективной абразивной обработки жаропрочных сталей и сплавов: Учебное пособие. - СПб.: Издательство "Лань", 2013. - 320 с.
2. Никитин С.П. Моделирование процесса резания при шлифовании с учетом взаимодействия упругой и тепловой систем. // Уфа, Вестник УГАТУ, 2009, Т.12, №4(33), с. 61-65.
3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / Резников А.Н. М.: Машиностроение, 1981. 279с.
4. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием. /Под ред. Л.В. Худобина. - М.: Машиностроение, 2006. - 544 с.
5. Ящерицын П.Н., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. - Минск: Высшая школа, 1990. - 512 с.
6. Полетаев В.А., Волков Д.И. Глубинное шлифование лопаток турбин: библиотека технолога. - М.: Машиностроение, 2009. - 272 с.

ВЫПЛАВКА СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИКЕЛЕВОГО КОНЦЕНТРАТА

О.И. Нохрина¹, И.Д. Рожихина², И.Е. Прошунин³

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

² ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,

³ АО «ЗСМК», г. Новокузнецк, Кемеровская область

E-mail: kafamsf@sibsiu.ru;

Введение

Никель является одним из наиболее важных и распространенных легирующих элементов. От 60 до 65 % производимого ежегодно никеля идет на легирование стали и производство сложных сплавов железа с никелем. Остальные 35 – 40 % используются в цветной металлургии и в химической промышленности, в первую очередь для электропокрытий [1 – 5].

Легирование стали никелем при выплавке ее в дуговых электропечах обычно осуществляют введением никеля либо ферроникеля в завалку. Сведения об использовании для легирования стали оксидов никеля или никелевых концентратов на отечественных металлургических предприятиях отсутствуют. Однако, авторами [6, 7] отмечены значительные преимущества применения технологии прямого легирования стали марганцем, хромом и ванадием, заключающиеся в повышении сквозного извлечения легирующего элемента и значительному снижению затрат, т.к. исключается стадия выплавки ферросплавов. Производство никеля – это ресурсо- и энергозатратный процесс, поэтому использование никелевого концентрата при легировании стали представляет определенный интерес. Никелевый концентрат состава 42- 45 % Ni, 2-3 % Mn, 1- 1,5 % Fe, 0,3-0,5 % Co может быть получен при комплексном обогащении железомарганцевых конкреций и полиметаллических марганецсодержащего сырья по технологии авторов [5, 8 – 10].

Целью настоящей работы является научное обоснование, исследование и разработка технологии легирования стали никелем с использованием никелевого концентрата.

Методы исследований

В условиях выплавки стали в дуговых электропечах на разных этапах плавки в качестве восстановителей могут рассматриваться углерод, оксид углерода, кремний, растворенные в жидкой стали. Для определения условий восстановления никеля из никельсодержащих оксидных материалов использовались методы термодинамического моделирования на основе расчета равновесных состояний в модельных термодинамических системах [7]. При реализации термодинамического моделирования в данной работе использовались готовые программные продукты – программный комплекс «Терра», разработанный в Московском государственном техническом университете, позволяющий на основе принципа максимума энтропии находить равновесный состав многокомпонентной, гетерогенной термодинамической системы для высокотемпературных условий.

Методика исследования включала в себя следующие этапы: расчет возможных составов и определение термодинамических условий, необходимых для осуществления процесса восстановления никеля; определение границ концентрационных областей протекания восстановительных процессов; нахождение параметров входного потока, при которых обеспечивается достижение оптимального состава системы в равновесных условиях.

Расчет возможных составов, которые могут получаться в результате протекания процессов восстановления никеля в термодинамических системах, состоящих из элементов Ni–O–C и Ni–O–C–Fe осуществлялось варьированием количества молей углерода в системе, что позволило оценить границы концентрационных областей протекания восстановительных процессов. Расчет проводился в интервале температур от 573 до 1873 К, соответствующим температурам выплавки стали.

Лабораторные исследования кинетики восстановления никеля из оксида в интервале температур 973 – 1473 К проводились методом непрерывного взвешивания.

Для кинетических исследований и для обработки стали в ковше изготавливались брикеты, в состав которых входили полученный при обогащении полиметаллического марганцевого сырья никелевый концентрат (% масс. Ni – 45,0 %, Mn – 2,3 %, Fe – 1,4 %, Co – 0,5 %, Cu – 0,1 %, P – <0,015 %, SiO₂ – следы и п.п.п. – 2,82 %) и кокс ОАО «ЕВРАЗ-ЗСМК», состав которого приведен в таблице 1.

Соотношение между компонентами монооксида никеля и коксом определяли расчетным путем по реакции:

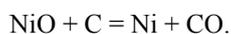


Таблица 1

Химический состав кокса ОАО «ЕВРАЗ-ЗСМК»													
	A ^d	V ^{daf}	W ^p	Состав золы, % по массе									
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO ₂	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂
Кокс	13,6	2	2	51,1	23,3	0,16	1,58	1,2	17,46	0,5	1,2	0,2	74,4

Никелевый концентрат и кокс тщательно перемешивали. При изготовлении брикетов в качестве связующего использовали жидкое стекло плотностью 1,24 г/см³ в количестве 5 % от массы навески. Прессование осуществляли на гидравлическом прессе с усилием 10 т., в результате были получены брикеты цилиндрической формы высотой 40 мм и диаметром 25 мм. Брикет помещали в алундовый тигель, который в свою очередь устанавливали в графитовый тигель и подвешивали на специальной подвеске, в предварительно нагретую печь сопротивления.

Изотермическую выдержку проводили при температурах 1073, 1173, 1273 и 1473 К, которую фиксировали термопарой ВР 5/20. С помощью электронных весов фиксировали изменение массы пробы в процессе реакции восстановления никеля из оксида через 60 с. Брикеты выдерживались в печи до прекращения убыли массы образцов. Полученные в результате эксперимента продукты подвергались рентгенофазовому анализу. Степень восстановления никеля из его оксида в зависимости от температуры после 15, 20 и 25 минутной выдержки образцов в печи проводили в соответствии с уравнением 1.

$$CB (\%) = \frac{G \left[\frac{M_1}{M_1 + M_2} \right]}{M_3} \cdot 100 = \frac{G \cdot 16}{M_3} \cdot 100 = \frac{G \cdot 0,57}{M_3} \cdot 100 \quad (1)$$

где G – убыль массы образца;

M₁ = 16 и M₂ = 12 – атомная масса кислорода и углерода;

M₃ – масса кислорода в исходном образце.

Изучение процесса обработки стали в ковше проводили в лабораторных и промышленных условиях. При проведении лабораторных испытаний сталь выплавляли в дуговой лабораторной печи вместимостью 10 кг. В ходе лабораторных исследований был экспериментально определен и опробован способ ввода оксида никеля в дуговую электропечь. Из никелевого концентрата, полученного при обогащении полиметаллических марганцевых руд, фракцией менее 0,5 мм и коксовой мелочи, были изготовлены окатыши диаметром 20 – 30 мм. Окатыши загружали в печь по двум вариантам: I – в завалку; II – в восстановительный период на «зеркало» металла перед наведением шлака. Расчет количества окатышей вели на содержание никеля в стали, равным 1 %.

Экспериментальные плавки вели по классической двухшлаковой технологии: в печь загружали шихту, состоящую из металлического лома, брикетов, кокса и извести, необходимой для образования шлака. При использовании брикетов из никелевого концентрата количество кокса увеличивали с учетом количества углерода, необходимого для восстановления никеля из оксида и угара углерода. Брикеты загружали ближе к откосам. При выплавке стали использовали металлический лом состава, масс. %: С-0,275, Si-0,267, Mn-0,423, Cr-0,175, Ni-0,1, S-0,027, P-0,028, Fe-ост.

Состав шихтовых материалов приведен в таблице 2.

Таблица 2

Исходные материалы для опытных плавков						
Материалы	Серии плавков					
	1	2	3	4	5	6
Масса брикетов, кг	0,757	0,756	0,758	0,677	0,678	0,676
Состав брикетов: % по массе						
Никелевый концентрат	85	85	85	95	95	95
С	10	10	10	–	–	–
Связующее	5	5	5	5	5	5
Металлический лом:						
– масса, кг	9	9	9	9	9	9
– состав, % по массе						

После окончания загрузки электроды опускали и зажигали электрическую дугу. Длительность плавления составляла 20 минут.

К концу плавления в печи формировался шлак, пробу которого отбирали на химический анализ. Для обеспечения реакции обезуглероживания порциями вводили железную руду. После пятиминутной выдержки шлак скачивали. Отбирали пробы металла и шлака на химический анализ.

После удаления окислительного шлака проводили предварительное раскисление ферросилицием из расчета получения в металле содержания кремния в пределах заданного для готовой стали. После присадки раскислителей в печь загружали около 3 % от массы металла шлакообразующие материалы – известь и кварцит. После расплавления шлакообразующих и образования жидкого шлака его раскисляли порошком кокса и молотым ферросилицием. Затем отбирали пробу металла и шлака на химический анализ.

Выпуск металла и шлака осуществляли в ковш. Полученный слиток разрезали по высоте на три равные части. Металл анализировали.

Промышленные испытания технологии прямого легирования стали никелем проводились при выплавке стали в дуговой сталеплавильной печи ДСП-40. Для прямого легирования были изготовлены окатыши, состоящие из никелевого концентрата и кокса в стехиометрическом соотношении. Металл опытных плавов, выплавляемый по технологии прямого легирования, прошел аттестацию по принятой схеме на ООО «Сталь НК».

Результаты и их обсуждение

Термодинамические расчеты, проводимые для температурах 1073, 1573 и 1873 К, показали, что максимальное восстановление 1 моля оксида никеля при температуре 1073 К достигается при расходе углерода 0,5 моля, а при температурах 1573 и 1873 К – 0,2 моля углерода.

Расчеты показали что, максимальное извлечение никеля достигается при расходе углерода 0,5 молей на 1 моль оксида никеля.

Результаты расчетов равновесных состояний системы Ni–O–C–Fe в пределах изменения углерода 0 – 3,2 моля и исходном содержании NiO = 1 моль, Fe₂O₃ = 1 моль представлены в таблице 2. В качестве значительных оказалась конденсированная фаза, состоящая из атомов и молекул: Ni, NiO, C, FeO. Газовая фаза представлена CO и CO₂.

Из результатов кинетических исследований и данных рентгенофазового анализа (таблица 2) следует, что при температурах 1173 – 1473 К никель из оксида практически полностью восстанавливается в течение 20 – 30 мин., в то время как при температуре 1073 К восстановление никеля из оксида происходит за более длительный промежуток времени (70 мин).

Таблица 2

Результаты рентгенофазового анализа

Температура выдержки пробы, К	Фазовый состав	
	Много	Присутствует
1073	NiO, C	Ni*
1173	Ni	NiO, C
1273	Ni	NiO*, C*
1473	Ni	NiO*, C*

* – присутствует в небольшом количестве

Результаты экспериментальных исследований показали, что восстановление никеля из его оксида твердым углеродом в печи сопротивления протекает уже при температуре 1073 К, но процесс идет медленно. При температуре 1173 К и выше процесс восстановления никеля из его оксида происходит более интенсивно за короткий промежуток времени. Таким образом, в условиях выплавки стали в дуговой электропечи в интервале температур 1173 – 1473 К в период плавления практически полностью можно восстановить никель из его оксида твердым углеродом в течение 20 – 30 минут. Результаты расчетов степени восстановления никеля из его оксида показали, что степень восстановления никеля из его оксида в большей мере зависит от температуры выдержки образца в печи.

В ходе лабораторных исследований был экспериментально определен оптимальный способ ввода оксида никеля в дуговую электропечь. В первой серии плавов использовали окатыши, изготовленные из никелевого концентрата, во второй – смеси никелевого концентрата и кокса. Из результатов опытных плавов легирования стали с использованием никельсодержащих окатышей следует, что

извлечение никеля из концентрата при введении их в завалку составило 92 – 95 %, а при введении их в восстановительный период на «зеркало» металла перед наведением шлака – 75 – 78 %.

Снижение извлечения никеля при присадке его в начале восстановительного периода, по-видимому, связано с его частичным испарением, при попадании в зону дуг, никель восстанавливается и может частично испаряться, т.к. никель имеет относительно низкую температуру кипения.

На основе результатов экспериментальных исследований и закономерностей, полученных при математическом моделировании процесса при восстановлении оксидов никеля из концентрата при выплавке стали в дуговой электропечи, была разработана технология прямого легирования хромникелевой нержавеющей стали 08(12)X18H10T. Плавку ведут по технологии переплава легированных отходов с полным окислением. В завалку включают окатыши, изготовленные из никелевого концентрата и кокса. Эта технология была опробована в электросталеплавильном цехе ООО «Сталь НК».

Металл опытных плавок, выплавляемый по технологии прямого легирования, прошел аттестацию по принятой на ООО «Сталь НК» схеме, отклонений от требований ГОСТ 5632-72 не обнаружено.

Выводы.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что для легирования стали никелем в электропечи можно использовать никелевый концентрат, полученный при обогащении полиметаллического марганецсодержащего сырья. Извлечение никеля из концентрата при его восстановлении в процессе выплавки стали достигает уровня 92 – 95 %.

Литература.

1. Evolution study of microstructure and electromagnetic behaviors of Fe–Co–Ni alloy with mechanical alloying Original Research Article / Duan Yuping, Zhang Yahong, Wang Tongmin, Gu Shuchao, Li xin, Lv Xingjun // Materials Science and Engineering: B, Volume 185, July 2014, Pages 86-93
2. Determining the Effect of the Main Alloying Elements on Localized Corrosion in Nickel Alloys Using Artificial Neural Networks Original Research Article / Santiago Sosa Haudet, Martín A. Rodriguez, Ricardo M. Carranza // Procedia Materials Science, Volume 8, 2015, Pages 21-28
3. Interfacial structure and mechanical properties of surface iron–nickel alloying layer in pure iron fabricated by surface mechanical attrition alloy treatment Original Research Article / Yan-li An, Hua-yun Du, Ying-hui Wei, Ning Wang, Li-feng Hou, Wan-ming Lin // Materials & Design, Volume 46, April 2013, Pages 627-633
4. Mechanical alloying and magnetic saturation of tungsten–nickel powders Original Research Article / Kasonde Maweja, T. Montong, L. Moyo, M.J. Phasha // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Volume 31, March 2012, Pages 247-252
5. Effects of elevated temperatures on the mechanical properties of nickel-based alloy clad pipelines girth welds Original Research Article / Tse-Ven Steven Chong, Shashi Bhushan Kumar, Man On Lai, Wai Lam Loh // Engineering Fracture Mechanics, Volume 152, February 2016, Pages 174-192
6. Production and Use of Concentrates from Polymetallic Manganese Ore / Nokhrina O.I., I.D. Rozhikhina, Proshunin I.E., Khodosov I.E. // Steel in Translation, 2015, Vol. 45, No. 5, pp. 295–300.
7. Manganese and nickel recovering from polymetallic materials on leaching by chloride solutions / Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D., Kichigina O.Y., Goryushkina Y.V., Rodzevich A.P. // Steel in Translation. – 2012. – Т. 42. – № 12. – p. 802–805.
8. Modern Approaches to Efficient use of Mn-Containing Raw Material in Steel Production / O. I. Nokhrina, I. D. Rozhikhina, I. E. Proshunin, I. E. Hodosov, V. G. Osipova // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770. - P. 8-13.
9. Zhang W., Singh P., Muir D. Oxidative precipitation of manganese with SO₂/O₂ and separation from cobalt and nickel // Hydrometallurgy. – 2002. – 63. №2. – С. 127 – 135.
10. Leaching method and recovering method for nickel or cobalt: Заявка 1731623 ЕПВ, МПК С 22 В 23/00 (2006.01). Pacific Metals Co., Ltd. Chiyoda-ku, Tokyo, Yakushiji H., Ito S., Mjura K., Shimamori M. (Nargolwalla, Cyra Cabinet Plasseraud 52 rue de la Victoire 75440 Paris Cedex 09 (FR)). №05720833.2; Заявл. 15.03.2005; Опубл. 13.12.2006. Англ.).

ДОСТИЖЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОСЛЕ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Е.В. Павлов, к.т.н., доц., Л.М. Червяков, д.т.н., проф.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90
E-mail: evp.kstu@mail.ru

Эксплуатационные свойства и долговечность деталей машин в значительной степени зависят от требований к точности размеров, шероховатости обрабатываемых поверхностей и отклонений формы деталей.

Анализ последних достижений в области технологического обеспечения качества обработки поверхности показывает, что геометрические и физико-механические характеристики поверхностного слоя, сформированные в деталях на операциях финишной механической обработки, являются конечными и определяющим образом влияют на эксплуатационные характеристики обработанных деталей [1, 2].

Понятие «поверхность» в дальнейшем подразумевает поверхностный слой, непосредственно соприкасающийся с внешней средой, и переходной деформированный слой, отличающийся от основной части металла строением, механическими, физическими и химическими свойствами.

Известно, что в процессе изготовления детали в поверхностном слое изменяются структура, фазовый и химический состав, твердость, возникают остаточные напряжения.

Качество детали определяют по соответствию свойств материала, из которого она изготовлена, свойствам, предписанным ее служебным назначением, с одной стороны, и с другой – соответствием реальной формы детали своему рабочему чертежу.

Состав показателей качества материала детали охватывает химические и физико-механические свойства, как самого материала, так и его поверхностных слоев.

Представление о геометрическом образе реальной детали дают форма и размеры поверхностей, расстояния между ними и их относительное угловое положение. В связи с этим различают три вида показателей, отражающих качество детали с геометрической стороны: размеры поверхностей и расстояния между ними, относительные повороты поверхностей, форма поверхностей. Точность этих показателей, наряду с точностью показателей свойств материала, характеризует качество детали.

Первым видом геометрических характеристик качества детали является точность размеров ее поверхностей и расстояний между ними.

Вторым видом геометрических характеристик качества детали служит точность относительного поворота ее поверхностей.

Третьим видом характеристик качества детали является правильность геометрической формы ее поверхностей. Отклонения формы поверхностей детали подразделяют на следующие три вида:

1) макрогеометрические отклонения (отклонения от цилиндричности, круглости, прямолинейности и т.п.); 2) волнистость; 3) микрогеометрические отклонения (шероховатость поверхности) [3, 4].

При исследовании окончательных и отделочных методов обработки деталей точением (расточиванием) проблемными вопросами являются в первую очередь обеспечение допускаемых значений шероховатости и отклонений реальных поверхностей обработанных деталей от цилиндричности и круглости (рис. 1), а также физико-механических характеристик поверхностного слоя [5, 6].



Рис. 1. Показатели качества поверхностей деталей

Для определения конкретных условий обработки деталей необходимо иметь их функциональную связь с характеристиками заданной поверхности. Поскольку каждый технологический метод обработки создает вполне определенные количественные и качественные параметры поверхностного

слоя: высоту и форму неровностей, их направление, закон распределения вершин, величину и знак остаточных напряжений, глубину и степень наклепа, оказывается возможным установить связь условий обработки с этими параметрами поверхностного слоя. Это дает возможность выбрать технологию изготовления деталей, позволяющую получить требуемые эксплуатационные свойства с формированием в поверхностных слоях изделия такого состояния, которое бы наилучшим образом обеспечивало работоспособность изделия при эксплуатации [5 - 8].

Для выбора рациональных режимов механической обработки, в частности, значения подачи при достижении требуемых значений параметров шероховатости можно воспользоваться схемой (рис. 2).

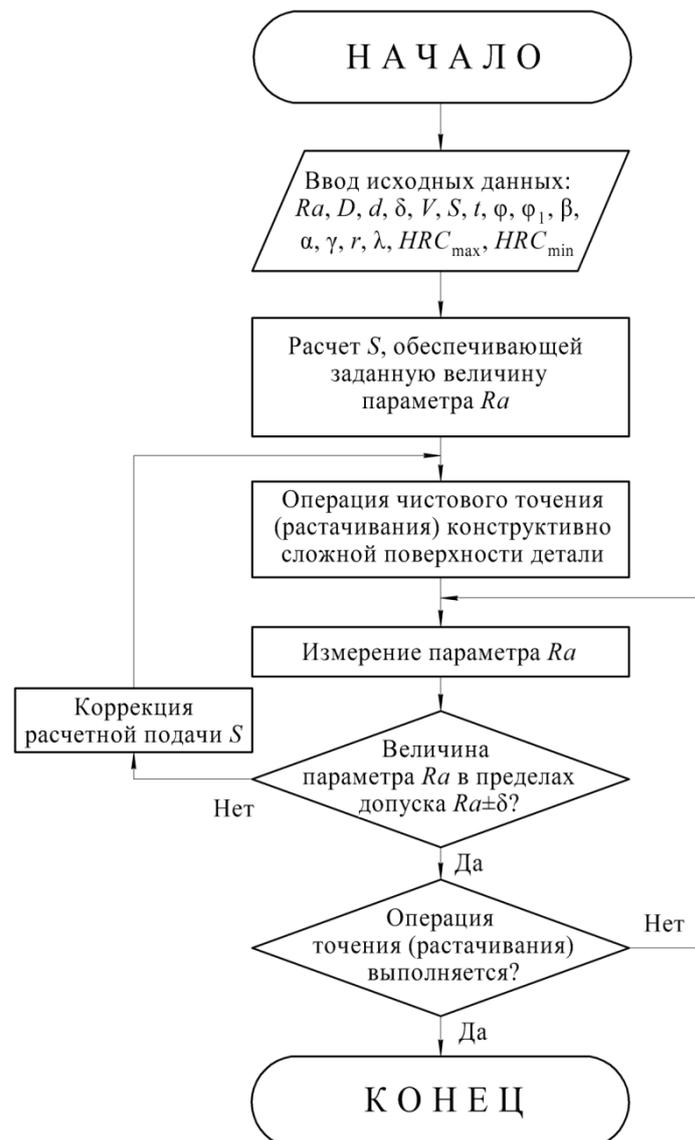


Рис. 2. Структурная схема обеспечения заданного параметра шероховатости Ra при токарной обработке

Все причины, обуславливающие шероховатость обработанной поверхности, можно объединить в три основные группы: 1) причины, связанные с геометрией процесса резания; 2) причины, связанные с режимами резания и пластическим деформированием обрабатываемого материала; 3) причины, связанные со спецификой токарной обработки деталей, например, прерывистое резание.

Учитывая обширное конструктивное разнообразие деталей классов валов и втулок, необходимо иметь достоверную информацию и научно обоснованные рекомендации для успешного управления параметрами качества обрабатываемых поверхностей и, в частности, шероховатостью.

Литература.

1. Демкин, Н.Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н.Б. Демкин, Э.В. Рыжов – М.: Машиностроение, 1981. – 244 с.
2. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 1991. – 591 с.
3. Павлов, Е.В. Совершенствование технологии восстановления изделий с применением обработки инструментами, оснащенными сверхтвердыми материалами / Е.В. Павлов, О.Г. Локтионова, С.Ф. Яцун // Известия Юго-Западного государственного университета, № 1, Ч.1, 2012. – С. 120-127.
4. Кудряшов, Е.А. Технологическое оснащение процессов изготовления конструктивно сложных деталей: Монография / Е.А. Кудряшов, С.Г. Емельянов, Е.И. Яцун, Е.В. Павлов – Старый Оскол, ТНТ, 2013. – 268 с.
5. Павлов, Е.В. Установление зависимости параметров механической обработки на показатели качества деталей с покрытиями // Известия Юго-Западного государственного университета, № 1, 2013. – С. 82-84.
6. Кудряшов, Е.А. Применение композиционных инструментальных материалов при ремонте деталей машин / Е.А. Кудряшов, Е.В. Павлов, Е.И. Яцун, А.Ю. Алтухов, Д.Ю. Лунин // Упрочняющие технологии и покрытия, № 9, 2010. – С. 30-31.
7. Кудряшов, Е.А. Преимущества лезвийной технологии обработки деталей инструментом из композита / Е.А. Кудряшов, Д.Ю. Лунин, Е.В. Павлов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, № 5, 2011. – С. 77-80.
8. Яцун, Е.И. Ресурсосберегающие системы резания с инструментом из композитных материалов / Е.И. Яцун, С.В. Швец, А.И. Ремнев, Е.В. Павлов // СТИН, № 7, 2013. – С. 29-35.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗЬБЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ
ПУТЕМ ОБКАТКИ ВПАДИНЫ**

М.В. Песин^{1,2} к.т.н., доцент, А.А. Павлович¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь

*²ООО «Пермская компания нефтяного машиностроения», г. Пермь
614010, г. Пермь, пр. Комсомольский, 29, тел. +7 342 2198249.*

E-mail: M.Pesin@mail.ru

Современная экономическая ситуация в стране требует технологической модернизации машиностроительных предприятий, повышения эффективности производства и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Всё это приводит к постоянному увеличению производительности, качества и точности обработки деталей, а также уменьшению энерго- и материалоемкости изготавливаемой продукции.

По различным оценкам около 70% всех механических соединений составляют именно резьбовые соединения, и на их сборку затрачивается примерно 25-35% от времени изготовления изделий [1].

Резьбовые соединения являются технологически и экономически целесообразными для соединения бурильных труб (утяжеленные, ведущие, толстостенные бурильные трубы и др.), потому что такое соединение предполагает возможность разборки и хорошие свойства уплотнения. Резьбовое соединения бурильных труб показано на рисунке 1.

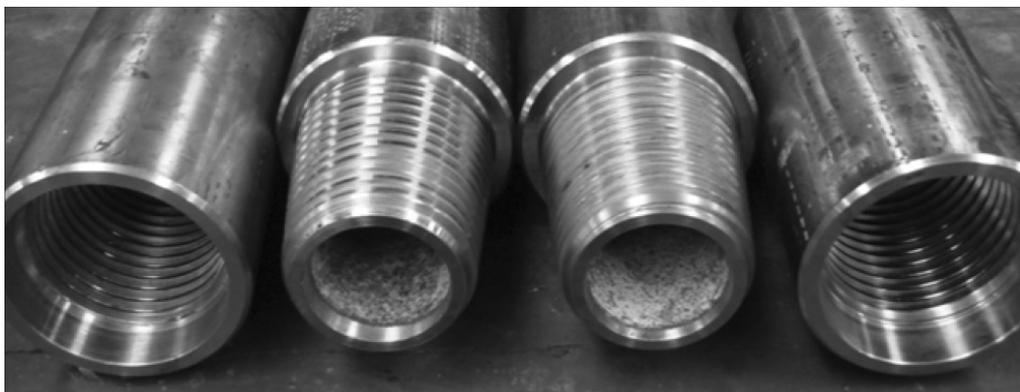


Рис. 1. Резьбовое соединения бурильных труб «нипель-муфта»

Долговечность бурильной трубы в большей мере зависит от качества изготовления резьбы. В бурильных трубах на резьбовые соединения действуют большие осевые нагрузки и крутящие моменты, динамические вибрации, изгибающие моменты, а также соединения подвергаются воздействию агрессивной среды. Более 40% аварий на скважинах происходит из-за разрушения резьбового соединения бурильных труб, пример разрушения показан на рис. 2 [2], затраты исчисляются от нескольких до десятков миллиона рублей [3, 4].

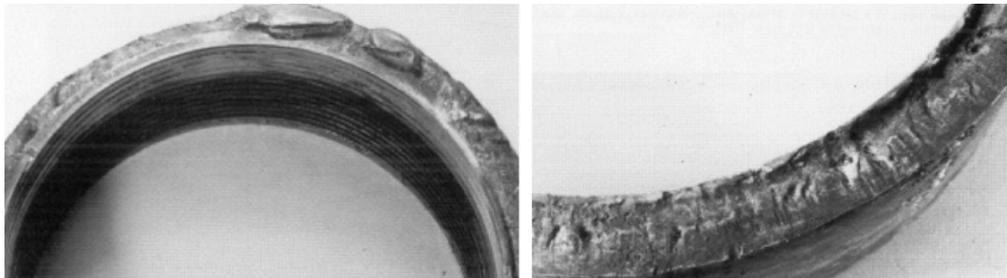


Рис. 2. Разрыв резьбы по впадине

Обработка методом ППД производится без снятия материала обрабатываемой заготовки и состоит в силовом контакте воздействующего инструмента на поверхность заготовки при их относительном движении. В результате происходит повышение долговечности изделий вследствие выглаживания поверхностных микронеровностей (снижение шероховатости) и упрочнения поверхностного слоя (создание благоприятных сжимающих напряжений, повышение микротвердости и предотвращение появления усталостных трещин). Наиболее распространенными статическими методами ППД являются дорнование, выглаживание и обкатка, при которых осуществляется непрерывное контактное взаимодействие инструмента с заготовкой в процессе их взаимного относительного перемещения [5].

Установление связи между структурноэнергетическим состоянием материала и сопротивлением усталости позволяет оптимизировать процесс упрочняющей обработки, обеспечить контроль технологического процесса обработки и его надёжность, повысить эксплуатационные характеристики деталей и изделий [6].

Исследования изменения параметров структуры в связи с остаточными напряжениями и сопротивлением усталости позволили сделать вывод, что между пределом выносливости и параметрами кристаллической структуры существует функциональная связь. Эти параметры могут быть критериями оптимизации упрочнения поверхностного слоя, средством контроля степени упрочнения и надёжности технологического процесса финишной обработки. Также известно влияние прикладываемой силы на микро- и макроструктуру и свойства испытываемого материала [7].

Режимы отделочной, отделочно-упрочняющей и упрочняющей обработки для статических методов определяются номинальным давлением в зоне контакта инструмента и обрабатываемой поверхности детали, обеспечивающим требуемые величины контактного сближения инструмента и обрабатываемой поверхности. Определены зависимости режимов отделочно-упрочняющей обработки и радиуса обрабатывающего инструмента [8].

На данный момент широко распространён метод 3D моделирования и метод конечных элементов при исследовании распределения остаточных напряжений в резьбовом соединении [9]. По данным анализа выявлено распределение контактного давления, распределения осевой нагрузки и концентрации напряжений. Построенная модель позволяет исследовать зависимость свойств резьбы от геометрических размеров и применяемых материалов. Такая модель может быть использована для оптимизации конструкций и повышения надёжности резьбового соединения.

Отечественные и зарубежные стандарты в области нефтяного машиностроения содержат рекомендации по упрочнению впадин резьбы методом обкатки роликом. В ПНИПУ совместно с ПКНМ выполнено компьютерное моделирование процесса упрочнения впадины резьбы обкаткой роликом с использованием пакета *ABAQUS*. В процессе обкатки резьбы роликом в приповерхностных слоях материала межвитковой впадины резьбы формируются области сжимающих напряжений, что приводит к упрочнению приповерхностного слоя и препятствует возникновению микротрещин.

Но, в результате данного процесса в подповерхностных слоях материала резьбы могут формироваться области значительных растягивающих напряжений, что может приводить к возникновению внутренних микро- и макротрещин, приводящих к разрушению конструкции. Подбирая оптимальные

параметры процесса (геометрия ролика и сила его прижатия), можно получать благоприятные для данной конструкции распределения остаточных напряжений [10].

Также для упрочнения резьбовых соединений бурильных труб создан стенд для упрочнения впадин резьбы бурильных труб. Пластическое деформирование впадин наружной конической резьбы осуществляется с помощью двух самоустанавливающихся роликов при действии радиальной силы, передаваемой с помощью гидросистемы от гидростанции. Сравнение результатов усталостных испытаний показало увеличение наработки обкатанного резьбового соединения над неупрочненным в 2,7...3,7 раза.

Таким образом, в результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

- наиболее частой причиной преждевременного выхода из строя бурильных труб становится разрушение резьбового соединения «ниппель-муфта»;
- эффективным технологическим методом, повышающим усталостную прочность резьбовых соединений и имеющим минимальные затраты, является метод поверхностной пластической деформации;
- выполнено компьютерное моделирование процесса упрочнения впадины резьбы обкаткой роликом;
- создан стенд для упрочнения впадин резьбы бурильных труб.

Литература.

1. Chumakov R. Optimal control of screwing speed in assembly with thread-forming screws // International Journal Manufacturing Technology. – 2008. – №36. – P. 395-400.
2. Yanko V.M. Increasing Joint Life and Reliability by Surface Treatment of Thread on Titanium Pipe // Russian Engineering Research. – 2014. – №2. – P. 59-70.
3. X.-H. Zhu The parameter sensibility analysis for fishing box tap based on the overall process of elastoplasticity in oil and gas wells // Mathematical and Computer Modeling. - 2013. - №58. - P. 1540-1547.
4. Macdonald K.A. Failure analysis of drillstrigs // Engineering Failure Analysis. - 2007. - №14. - P. 1641-1666.
5. Ежелев А.В. Анализ способов обработки поверхностно-пластическим деформированием // Fundamental Research. – 2012. – №6. – С. 642-646
6. Волков А.Н. Исследование влияния методов ППД на структуру поверхностного слоя и сопротивление усталости // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – №3 (34). – С. 153-156
7. Burkhanov G.S. Plastic Deformation Nonuniformity and Localization during Metal Forming // Russian Metallurgy (Metally). – 2012. – №7. – P. 592-598.
8. Гуров Р.К. Определение условий отделочно-упрочняющей обработки поверхностно-пластическим деформированием статическими методами // Известия ЮЗГУ. Серия Техника и технологии. – 2011. - №2. С. 8-12.
9. Guoqing Y. Three-dimensional Finite Element Analysis of the Mechanical Properties of Helical Thread Connection. // Chinese Journal of mechanical engineering. – 2013. - №3. P. 564-572.
10. Песин М.В. Научные основы моделирования процесса упрочнения впадины резьбы бурильных труб обкатыванием роликом // Экспозиция Нефть Газ. – 2013. - №5(30). - С. 68-70.

АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*С.И. Петрушин, д.т.н., проф., Р.Х. Губайдулина, к.т.н., доц., Г.Д. Давлатов, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)7-77-61
E-mail: victory_28@mail.ru*

Введение

В последние годы появился такой комплексный показатель времени существования изделий машиностроения, как «жизненный цикл изделия», под которым понимается полный период его жизни, включающий этапы проектирования, производства, эксплуатации и утилизации. Сейчас приходят к необходимости создания глобальной автоматизированной информационной системы, охватывающей весь этот цикл, которая обозначается аббревиатурой PLM (Products Lifecycle Management) [1,2]. Прежде чем разрабатывать PLM-систему, необходимо подвергнуть комплексному анализу весь процесс управления жизненным циклом изделия машиностроения [3,4].

Результаты и обсуждение

В концепции PLM полагается, что изделие вначале возникает у автора в виде общей идеи конструкции. Затем эта руководящая идея воплощается в комплект необходимой конструкторской до-

кументации. В процессе конструирования решается первая задача оптимального проектирования со своими критериями и целями оптимизации, в основу которой должны быть положены требования, как производства, так и эксплуатации изделия [3-6].

На следующем этапе в процесс создания изделия вовлекается большое количество специалистов и материальных средств, в результате чего осуществляется стадия производства машины с определенной серийностью выпуска. При этом встает вторая задача оптимизации, которая, как правило, направлена на всемерное снижение издержек производства, а также на своевременный переход к выпуску принципиально нового изделия.

После реализации изделия на рынке наступает этап его эксплуатации у потребителя, интересы которого требуют рассмотрения третьей задачи оптимизации, а именно: минимизации эксплуатационных расходов и установления оптимального срока эксплуатации, по завершению которого изделие подлежит замене на новое и происходит его утилизация [4.5].

Утилизация машины является завершающим этапом жизненного цикла изделия. Обычно рассматривается незамкнутый цикл, то есть предполагается, что изделие, проходя последовательно через этапы маркетинговых исследований, проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации, прекращает своё существование, удовлетворив таким образом определённые личные или общественные потребности. В то же время известно, что подобные незамкнутые функциональные цепи с точки зрения теории автоматического регулирования и управления являются неэффективными. Для повышения управляемости и устойчивости система должна быть замкнута путём введения обратной связи, в качестве которой предлагается применить этап утилизации [5].

На рис.1 приведен вариант функционирования замкнутой PLM-системы применительно к машиностроительному предприятию. Всё управление сосредоточено в блоке маркетинга, которому кроме изучения и анализа рынка, придается еще другое содержание. Главная задача этапа маркетинга заключается в разработке технико-экономического обоснования и технического задания (ТЗ) на проектирование изделия. В то же время в его функции должны входить: определение экономически обоснованного срока службы машины T_E , периода морального износа данной конструкции машины T_M , оптимальной программы выпуска изделий N_{max} , плановой цены изделия K_p , лимитов текущих расходов и капитальных вложений в производство, оптимальной величины такта выпуска изделий, плановой прибыли предприятия и ряда других макроэкономических показателей. Определённая на этом этапе величина T_E должна являться директивой для оптимального конструирования машины по критерию равного запаса надёжности и одновременно – рекомендацией для потребителя в техническом паспорте на эксплуатацию изделия. Цена продажи изделия и её изменение в зависимости от текущей ситуации, основанные на принципах определения справедливой для производителя и потребителя цены, передаётся рынку, а через обратную связь производится её непрерывный мониторинг. Блок маркетинга управляет также стратегическим планированием этапа изготовления, определяя через величину периода морального износа момент перехода на изготовление новой конструкции изделия. Для решения этих задач данный блок получает от службы утилизации оперативную информацию для определения текущих затрат на эксплуатацию изделия, по величине которой оцениваются T_E , K_p и др.[4].

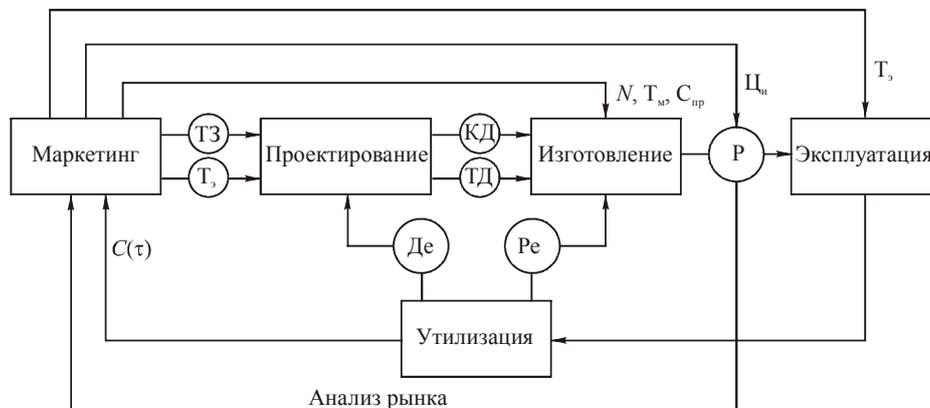


Рис. 1. Замкнутый ЖЦИ: ТЗ – техническое задание; КД – конструкторская документация; ТД – технологическая документация; Р – рынок; Де – дефектация; Ре – реновация

Цель утилизации изделия связана с одной стороны, со снижением экологической нагрузки на окружающую среду, а с другой – с оптимизацией ЖЦИ и, более того, с его замыканием по типу положительной обратной связи. При этом следует различать две задачи этого этапа, а именно: дефектация изношенной машины и реновация её частей. [3,5].

Главная задача дефектации изношенной машины заключается в получении исходной информации о величине нарушений работоспособности как изделия в целом, так и его составных частей, агрегатов, узлов и сопряжений, с последующей статистической обработкой результатов такого рода мониторинга. Так как в этих данных в первую очередь заинтересованы конструктор и производитель изделий, то на машиностроительном предприятии необходимо создавать отдельную службу, которая должна заниматься возвратом и утилизацией отслуживших свой срок машин.

Процесс контроля дефектов должен проводиться по специально разработанным методикам с широким привлечением современных средств дефектоскопии. Одновременно с этим контролем должна проходить сортировка частей машины на предмет либо их последующего восстановления и повторного использования в новых экземплярах изделий, либо для их переработки в исходный материал.

Для эффективного проведения рассматриваемого этапа конструкция любой машины должна быть доработана в плане обеспечения полноценной диагностики её текущего и конечного состояния. В первую очередь, она должна быть оснащена микрочипами, выдающими информацию об интенсивности эксплуатации изделия, как во времени его использования, так и с точки зрения режимов его работы. Именно эти данные позволяют уточнить закономерности «физического износа» изделия и на этой основе определить экономически обоснованный срок службы, проектную цену изделия и др. [4].

Часть сборочных единиц и деталей машины, отслужившей свой срок службы, по итогам дефектации могут оказаться вполне добротными. К ним, как правило, относятся базовые и корпусные части изделия, которые проектируются с большим запасом прочности и долговечности в связи с тем, что их выход из строя приводит зачастую к преждевременному отказу всей машины. Вообще говоря, чем больше в конструкции изделия подобных частей, тем менее оптимальной является данная конструкция. В то же время эти детали машин можно без существенных дополнительных затрат восстановить и использовать либо для сборки аналогичных изделий, если они ещё не сняты с производства, либо в качестве запасных частей в службе технического сервиса. Для этого в настоящее время разработан целый спектр технологий ремонтного машиностроения, позволяющих практически полностью восстановить срок службы изделия [3,4].

Поставленные выше три задачи оптимизации ЖЦИ тесно взаимосвязаны между собой и, более того, неравнозначны. В большинстве случаев товарно-рыночных взаимодействий между производителем изделия и его потребителем существует так называемый «диктат потребителя», когда последний определяет целесообразность приобретения того или иного изделия, исходя из понимания своих потребностей и финансовых возможностей. С другой стороны возможен и «диктат производителя», особенно в монополярной экономике, где у потребителя отсутствует выбор при покупке изделия. Так как в крупных экономиках мира существует антимонопольное законодательство, то этот вариант встречается сравнительно редко и не характерен для развитых товарно-денежных отношений. Отсюда следует, что третья задача оптимизации (оптимизация периода эксплуатации) является главной и определяющей в создании оптимальной экономики производства изделий, а две первые носят подчиненный характер [3,4].

Потребитель на стадии эксплуатации изделия с одной стороны получает полезный эффект от его использования, а с другой стороны – несет эксплуатационные затраты, которые делятся на первоначальные и текущие. К первоначальным затратам потребителя относятся стоимость изделия и издержки, необходимые на монтаж и запуск изделия в эксплуатацию. Они играют ту же роль, что и капитальные вложения на стадии производства. Текущие издержки зависят от назначения и конструкции изделия и могут включать затраты на электроэнергию, топливо, техническое обслуживание, запасные части и тому подобное. Их назначение аналогично себестоимости в производственном процессе. Для определения затрат на эксплуатацию изделия рекомендуется применить следующую формулу [4]:

$$C = C_K \cdot \tau + \frac{K_P}{\tau + 1}, \quad (1)$$

где через C_K обозначен коэффициент, имеющий размерность $\text{у.е.с.}/(\text{у.е.в.})^2$; τ - текущий срок эксплуатации изделия, у.е.в.; K_P - цена изделия, у.е.с. (у.е.в. – условные единицы времени; у.е.с. – условные единицы стоимости).

На рис.2 приведены расчеты зависимости (1) для различных значений Π при постоянной величине $C_K = 200$. Как из него следует, все кривые имеют глобальный минимум удельных приведенных затрат потребителя при определенном сроке эксплуатации изделия. Обозначим величину этого срока службы через T_E и назовём её «экономически обоснованным сроком службы» (ЭОСС), под которым в дальнейшем будем понимать такой период времени эксплуатации изделия, по истечению которого удельные приведенные затраты потребителя достигают своего минимального значения. Эксплуатировать изделие далее становится нерентабельным, и оно подлежит замене, как правило, на более совершенное [6].

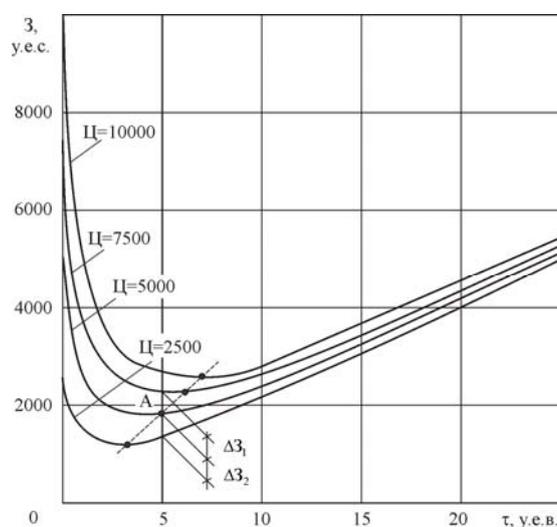


Рис. 2. Зависимости текущих приведенных затрат на эксплуатацию изделия при различных ценах его реализации

Значение ЭОСС можно получить из выражения (1), взяв от него производную по времени τ и приравняв ее к нулю:

$$T_E = \sqrt{K_P / C_K}, \quad (2)$$

Из (2) следует, что величина ЭОСС зависит не от абсолютных значений первоначальных затрат на приобретение изделия K_P и не от уровня удельных текущих затрат на его эксплуатацию C_K , а от их соотношения. Чем выше отношение цены изделия к текущим затратам, тем больше должен быть оптимальный срок его эксплуатации, и наоборот. Обращает на себя внимание то, что с уменьшением цены изделия уменьшается и его ЭОСС (см. штриховую линию на рис.1), то есть дешевое изделие должно иметь меньший оптимальный срок эксплуатации. Но более важным выводом из приведенных зависимостей является тот факт, что между ценой данного изделия и его ЭОСС существует жесткая функциональная связь. Она проявляется следующим образом: для известных величин C_K и T_E цена изделия K_P не должна назначаться произвольно, а должна иметь вполне определенное оптимальное значение (справедливая цена). Проанализируем этот эффект подробнее на примерах.

Возьмем за основу кривую, соответствующую первоначальным затратам на приобретение изделия $K_P = 5000$ у.е.с. Координаты оптимальной точки A для этой зависимости равны (см. рис.1): $T_E = 5$ у.е.в.; $C_{\min} = 1833$ у.е.с.. Рассмотрим два варианта произвола в назначении цены изделия, соответствующие $K_P = 7500$ у.е.с. и $K_P = 2500$ у.е.с. В первом случае мы имеем совместный финансо-

вый выигрыш производителя и продавца изделия в размере $\Delta C_1 = 417$ у.е.с. (см. рис.1), а во втором – выигрыш потребителя величиной $\Delta C_2 = 416$ у.е.с.. Иными словами первому варианту соответствует «диктат производителя», а второму – «диктат потребителя» изделия. Чтобы одновременно удовлетворить интересы всех сторон акта купли – продажи, цена изделия должна соответствовать своему оптимальному значению, которое можно рассчитать по следующему выражению:

$$K_P = C_K \cdot T_E^2. \quad (3)$$

Таким образом, только точное соответствие между плановыми и фактическими удельными текущими затратами на эксплуатацию изделия приводит к балансу экономических интересов в связке «производитель – потребитель» и дает приемлемый (оптимальный) результат для обоих контрагентов.

На основе проведенного анализа можно сформулировать следующий принцип оптимальной эксплуатации любого изделия машиностроения: для минимизации совместных издержек потребителя и производителя изделие конкретной конструкции и качества должно эксплуатироваться в течение экономически обоснованного срока его службы, значение которого обусловлено величинами первоначальных затрат на приобретение и текущих затрат на эксплуатацию данного изделия [4.6].

С другой стороны, если задан оптимальный срок службы изделия и установлены удельные эксплуатационные расходы, то для минимизации суммарных затрат производителя и потребителя цена изделия должна иметь также вполне определенную величину, превышение или уменьшение которой приводит к проигрышу либо потребителя, либо производителя изделия. Эта цена является оптимальной (справедливой) как для стадии изготовления, так и эксплуатации изделия, и должна служить директивой для изготовителя вместе с продавцом. Поэтому в отличие от пресловутой «стихии рынка», устанавливающей цену продукции на основе конкурентной борьбы, ценообразование в соответствии с ЭОСС позволяет внести существенный элемент плановости в деятельность машиностроительной фирмы как в случае освоения выпуска нового варианта изделия, так и в решении иных производственных задач [6].

Из изложенного следует, что этап проектирования изделия машиностроения должен быть направлен в первую очередь на обеспечение его ЭОСС и требуемых текущих затрат на эксплуатацию. При этом методология конструирования машины должна предусматривать достижения равного запаса долговечности для всех ее составных частей. Оптимальной является конструкция, спроектированная на принципах равнопрочности, равномерного изнашивания и других частных целевых функций, обеспечивающих равномерное распределение эксплуатационных свойств (равная жесткость, равномерная коррозионная стойкость и др.). При разработке конструкции машины необходим активный поиск наиболее оптимальной формы деталей, узлов и машины в целом и оптимального распределения физико-механических свойств конструкционного материала. Идеальное изделие может быть спроектировано только путем одновременной оптимизации формы и материала [7,8]. Эти принципы проектирования позволяют принудительно ограничить срок службы изделия величиной ЭОСС. Тогда перед потребителем встанет задача приобретения новой, более совершенной машины, а изготовитель сможет точно планировать объемы и перспективы развития своего производства на основе постоянных связей с клиентами.

В общем виде задача создания оптимального с рассматриваемой точки зрения проекта изделия должна иметь следующую последовательность решения [4,8]:

1. Определение оптимальной долговечности детали на основе экономически обоснованного срока службы машины.

2. Расчет по критерию равнопрочности спектра оптимальных форм изделия из заданного материала, нагруженного как сосредоточенной, так и распределенной силовой и тепловой нагрузкой.

3. Определение оптимальной структуры материала изделия заданной формы по условию равнопрочности.

4. Синтез спектра оптимальных решений по форме и вариантов проектов с оптимальным распределением физико-механических свойств материала изделия по условию равнопрочности. Этот этап должен решаться методом последовательных приближений, а именно: получив первое решение по равнопрочной форме, рассматривается соответствующее ей распределение модуля упругости материала детали, а затем вновь численным методом создается оптимальный профиль в соответствии с

измененным НДС, и так далее. Расчёт ведётся до тех пор, пока форма изделия не начнёт соответствовать структуре его материала с заданной степенью приближения.

5. Расчет спектра оптимальных проектов формы трущихся поверхностей изделия, изготовленного из определённого материала, по критерию равномерного изнашивания.

6. Определение оптимального распределения трибологических свойств поверхностей трения изделия и на этой основе разработка проектов нанесения селективно структурированных износостойких покрытий.

7. Синтез оптимальных проектов по форме и интенсивности изнашивания трущихся поверхностей, обеспечивающих режим равномерного изнашивания.

8. Оптимизация и синтез проектов изделия с равномерно распределёнными свойствами по другим критериям оптимизации (равномерная жёсткость конструкции, одинаковая коррозионная стойкость и т.п.).

9. Синтез спектра равнопрочных и равномерно изнашивающихся форм изделия с оптимизированной структурой его материала.

Последним этапом оптимального проектирования является выбор из полученных технически и технологически возможных вариантов наиболее экономичного путем сравнения его срока службы с экономической стойкостью (ЭОСС). В результате осуществления этой методологии конструирования должен быть получен оптимальный проект идеального изделия, обладающего для данных условий одновременно требуемой прочностью, износостойкостью и экономичностью[9-10].

ВЫВОДЫ

- Основой для оптимальной организации машиностроительного производства является экономически обоснованный срок службы изделия, которому соответствует минимум суммарных затрат потребителя и производителя машины.
- Конструкция машины и технология ее изготовления экономически взаимосвязаны через величину максимально возможной прибыли предприятия.
- Утилизация изделий должна осуществляться заводом-изготовителем и играть роль звена обратной связи для превращения всего ЖЦИ в устойчиво функционирующую самоорганизующуюся систему.
- Изложенные в данной работе принципы могут быть положены в основу разработки автоматизированной PLM-системы.

Литература.

1. Zheng Qing-chun, Hu Ya-hui, Lv Hui-juan Research on management for manufacturing information and integrated technology oriented to PDM/PLM // *Zuhe jichuang yu zidonghua jiagong jishu = Modular Machine Tool and Automatic Manufacturing Technique.*– 2008, № 7.– С. 84 – 86, 89.
2. Трифонов Д.С. Внедрение PLM –это, прежде всего, наведение порядка на предприятии. // *CAD/CAM/CAE информационно-аналитический PLM – журнал.* –2008, №7.– С.19–21.
3. Петрушин С.И. Техноэкономика. Оптимизация жизненного цикла изделий машиностроения. – Томск: Издательство ТПУ, 2010. – 139 с.
4. Петрушин С. И., Губайдулина Р. Х. Организация жизненного цикла изделий машиностроения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 200 с.
5. Петрушин С. И., Губайдулина Р. Х. Утилизация как замыкающий этап жизненного цикла изделия машиностроения // *Вестник машиностроения.* – 2012 – №. 9 – С.82 – 85.
6. Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х. Оптимизация перехода на производство новой продукции машиностроения. // *Вестник машиностроения.* – 2011, №12. – С. 80 – 83.
7. Saprykina N A, Saprykin A A, Borovikov I F, Sharkeev Y P, Influence of layer-by-layer laser sintering conditions on the quality of sintered surface layer of products, //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.- 2015.- Vol.91. Article number 012031.- pp.1-6.
8. Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х. Оптимизация этапа эксплуатации изделий машиностроения // *Вестник машиностроения.* – 2010, №7. – С. 68 – 72.
9. Petrushin S.I., Gubaidulina R.H. New principles of mechanical engineering organization//*The 7th international Forum on Strategic Technology IFOST 2012 September 17 – 21, 2012. Tomsk polytechnic University. VOLUME II pp.129 – 133. [Электронный ресурс].– режим доступа: <http://www.tpu.ru>*
10. Губайдулина Р.Х., Петрушин С.И. Экономически обоснованная эксплуатация изделий машиностроения. Организатор производства, М.: «Экономика и финансы». Теоретический и научно-практический журнал – 2010. №3.– С.75–78.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ УСЛОВИЯ РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

С. И. Петрушин, д.т.н., проф., Ш.С. Нозирзода, студент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)7-77-61

E-mail: victory_28@mail.ru

Введение

Проблемам энергосбережения и эффективности использования энергетических ресурсов во всем мире уделяется наибольшее внимание [1,2]. Одним из важнейших факторов интенсификации и повышения эффективности производства является режим экономии энергопотребления производимой продукции. Особенно это актуально для энергоемких промышленных отраслей экономики [3-5]. Рассмотрим этот вопрос для машиностроительной отрасли. Любой технологический процесс, при котором изменяются свойства материала или форма изделия, требует определенных затрат электрической энергии. Из традиционных способов формообразования наиболее энергоэффективными являются методы лезвийной обработки резанием [6-8]. Так, если принять за единицу количество электроэнергии, расходуемой на снятие с заготовки единицы объема при точении, то для шлифования эта величина возрастет в сто раз, а для электрохимических и электрофизических способов обработки – в тысячу раз и более [8,9]. Поэтому при разработке современных технологий необходимо соизмерять получаемый положительный эффект от их внедрения с возникающими затратами электроэнергии. С другой стороны, в традиционных способах механической технологии расходы на электроэнергию зависят от условий обработки и в первую очередь от режима резания. Рассмотрим этот вопрос применительно к точению черных металлов сборными резцами с механическим креплением сменных многогранных пластин [10].

Результаты и обсуждение

Под энергозатратами H на механическую обработку понимается расход количества электрической энергии на снятие одного килограмма стружки [8]:

$$H = \frac{N \cdot \tau}{W \cdot \lambda} \quad \text{кВт} \cdot \text{час/кг}, \quad (1)$$

где N – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

τ – время резания, час;

W – объем снятой стружки за время резания, М^3 ;

λ – плотность обрабатываемого материала, $\text{кг}/\text{М}^3$.

Величинам N и W соответствуют известные выражения [8]

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \quad (2)$$

$$W = 60 \cdot 10^{-6} \cdot V \cdot t \cdot S \cdot \tau, \quad (3)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

V – скорость резания, м/мин;

t – глубина резания, мм;

S – продольная подача, мм/об.

Подставив выражения (2) и (3) в формулу (1) и приведя все величины к единой размерности, получим:

$$H = \frac{P_z}{3,67 \cdot t \cdot S \cdot \lambda}. \quad (4)$$

Для дальнейшего анализа воспользуемся данными работы [11], где для условий наружного продольного точения серого чугуна марки СЧ 25 ($\lambda = 7,15 \text{ кг}/\text{М}^3$) резцами, оснащенными трехгранными пластинами из твердого сплава ВК 6.

Как следует из выражения (4) для расчета энергозатрат необходимо знать составляющую силу резания P_z .

Опыты по выявлению влияния режимов резания на силу резания выполнялись резцом конструкции ВАЗ, оснащенный трехгранной пластиной правильной формы с задним углом 01331-160308 К6 ГОСТ 19045-80 со следующими геометрическими параметрами: $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $r = 0,8$ мм. Базовое сочетание параметров режима резания: $V = 1,0$ м/с, $t = 2$ мм, $S = 0,57$ мм/об. Работа без СОЖ. Каждая экспериментальная точка повторялась не менее пяти раз. Скорость резания изменялась в пределах от 0,33 до 1,67 м/с (рис.1).

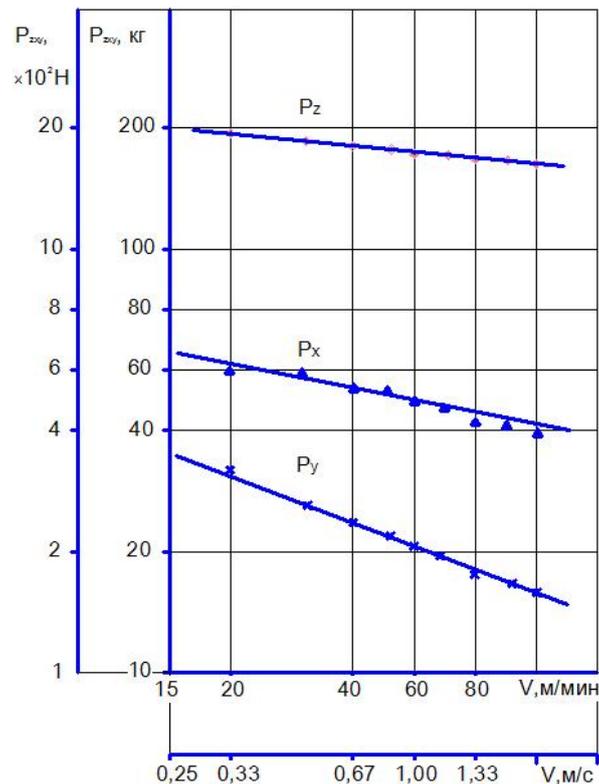


Рис.1. Влияние скорости резания на составляющие силу резания: СЧ25-ВК6; резец – ВАЗ, квадратная пластина с задним углом, $\varphi = 90^\circ$; $t = 2$ мм; $S = 0,57$ мм/об.

Экспериментальные исследования показали, что с увеличением скорости резания все составляющие силу резания монотонно уменьшаются, причем медленнее остальных составляющая P_z , а интенсивнее – P_y . Соответствующие аппроксимационные формулы имеют вид:

$$P_z = 235,6 V^{-0,07}; \quad (5)$$

$$P_y = 122,4 V^{-0,44}; \quad (6)$$

$$P_x = 138,0 V^{-0,27}. \quad (7)$$

Результаты экспериментов влияния глубины резания и подачи на силу резания представлены на рис.2а, – для составляющей силы резания P_z , на рис.2б – для составляющей P_y и на рис.2в – для составляющей P_x .

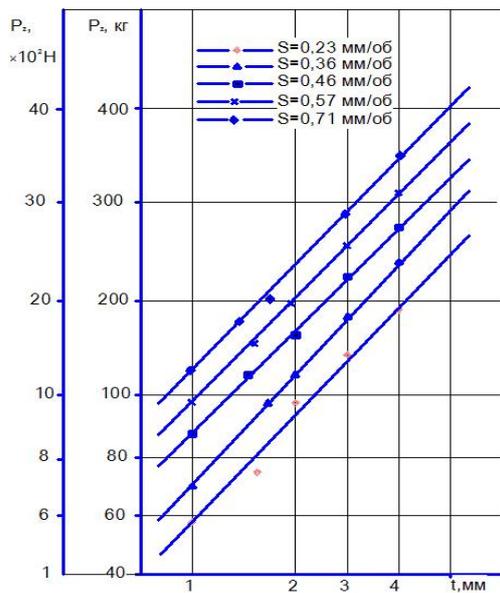


Рис.2а. Влияние глубины резания и подачи на составляющие P_z СЧ25-ВК6, резец – ВА3, трехгранная пластина с задним углом, $V = 1,0$ м/с

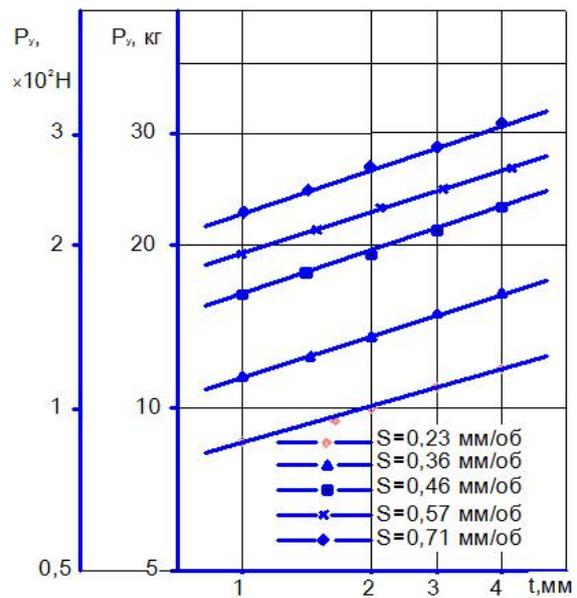


Рис.2б. Влияние глубины резания и подачи на составляющие P_y СЧ25-ВК6, резец – ВА3, трехгранная пластина с задним углом, $V = 1,0$ м/с

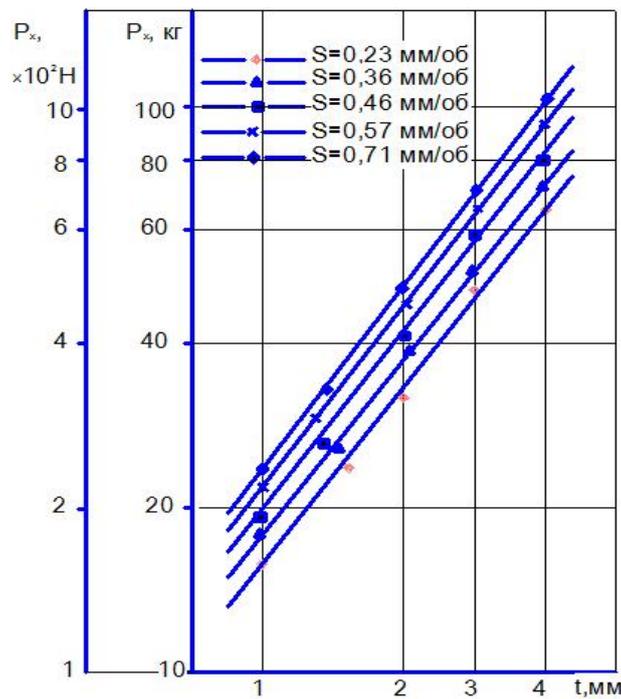


Рис.2в. Влияние глубины резания и подачи на составляющие P_x СЧ25-ВК6, резец – ВА3, трехгранная пластина с задним углом, $V = 1,0$ м/с

Из приведенных рисунков следует, что между подачей и глубиной резания отсутствует взаимовлияние и в качестве математической модели можно принять выражение вида

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S^{Y_{Pz}} ;$$

$$P_y = C_{Py} \cdot t^{X_{Py}} \cdot S^{Y_{Py}} ;$$

$$P_x = C_{P_x} \cdot t^{X_{P_x}} \cdot S^{Y_{P_x}}.$$

Обработка результатов опытов по «классическому» методу дала общие для глубины резания и подачи зависимости следующего вида:

$$P_z = 145,7 \cdot t^{0,85} \cdot S^{0,68}; \quad (8)$$

$$P_y = 28,9 \cdot t^{0,29} \cdot S^{0,78}; \quad (9)$$

$$P_x = 28,9 \cdot t^{1,13} \cdot S^{0,36}. \quad (10)$$

Заметим, что в формулу (4) скорость резания непосредственно не входит, но ее влияние на энергозатраты передается через составляющую P_z . Если подставить в нее выражение (5) и численные значения постоянных величин, то получим:

$$H = 0,787 \cdot V^{-0,07}, \text{ кВт-час/кг}. \quad (11)$$

Аналогично можно получить зависимость энергозатрат от глубины резания и подачи путем подстановки (8) в (4):

$$H = \frac{0,397}{t^{0,15} S^{0,32}}, \text{ кВт-час/кг}. \quad (12)$$

Анализ выражений (11) и (12) показывает, что энергозатраты снижаются при интенсификации режима резания. Наиболее эффективным средством их понижения является повышение величины подачи, менее эффективным – повышение глубины резания. Повышение скорости резания, хотя и приводит к некоторой экономии энергии, дает слабый эффект и к тому же неблагоприятно отражается на срок службы инструмента.

Так, если на энергозатраты скорость резания влияет в степени 0,07, то на стойкость – в степени 4,2 [11].

Была получена развернутая формула для расчета энергозатрат, учитывающая не только влияние режима резания, но также радиуса при вершине r , формы сменной многогранной пластины и ее износа следующего вида:

$$H = 0,0735 \cdot V^{-0,07} \cdot t^{-0,15} \cdot S^{-0,32} \cdot r^{0,01} \cdot K_{\phi p_z} \cdot K_{h p_z}. \quad (13)$$

Значения поправочных коэффициентов в формуле (13) приведены в таблице 1 и 2. Формула (9) справедлива в следующих диапазонах изменения аргументов: $V=0,33 - 1,67$ м/с; $t=1 - 4$ мм; $S=0,23 - 0,71$ мм/об; $r=0,8 - 2,6$ мм.

Таблица 1

Значение поправочного коэффициента на величину износа

Износ h_3 , мм	$K_{h p_z}$
0,0	1,00
0,5	1,01
0,8	1,02
1,0	1,04
1,2	1,11
1,5	1,27

Таблица 2

Значение поправочного коэффициента на форму пластины

Форма пластины	$K_{\phi p_z}$
Правильная трехгранная с задним углом	1,00
Правильная трехгранная пластина	1,12
Неправильная трехгранная с отверстием и стружечными канавками	1,10

Форма пластины	$K_{ФР2}$
Квадратная с отверстием и стружечными канавками	1,14
Пятигранная с отверстием и	1,12
Шестигранная с отверстием и стружечными канавками	1,05
Ромбическая с отверстием и стружечными канавками	1,11
Параллелограммная со стружечными канавками правая	0,96

ВЫВОДЫ

- Механическая обработка резанием заготовок деталей машин является наиболее экономичной технологией с точки зрения затрат электроэнергии по сравнению с такими современными технологиями, как физико-технические методы, включая электрохимическую, электроэрозионную, ультразвуковую, лазерную обработку, методы быстрого прототипирования и другие[12-14]. Поэтому при внедрении современных технологий необходимо учитывать это обстоятельство.
- Получена формула для расчета энергозатрат, учитывающая не только влияние режима резания, но также радиуса при вершине r , формы сменной многогранной пластины. Полученные формулы могут быть использованы для разработки норм энергопотребления в производственно-хозяйственной деятельности предприятия.
- На примере точения серого чугуна сборными резцами со сменными многогранными пластинами показано, что резание с большими подачами (силовое резание) более энергоэффективно, чем скоростное (резание с большими скоростями), что позволит повысить рентабельность производства и конкурентоспособность производимой продукции.

Литература.

1. Дульзон А.А., Ушаков В.Я., Чубик П.С. Ресурсоэффективность – основа устойчивого развития цивилизации // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т.320. – №6. – С.39–46.
2. Boyett J.H., Boyett J.T. Management-Guide: Die Top-Ideen der Management- Gurus.-Munchen: Econ, 1999.–399p.
3. Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях.– Томск: Изд-во ТПУ, 2008.–181с.
4. Ушаков В.Я. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности: социально-экономические, организационные и правовые аспекты. Томск: Изд-во ТПУ, 2011.–280с.
5. Gubaydulina R. K., Petrushin S. I., Galeeva A. A. Selecting an Economical Variant of the Manufacturing Method of Engineering Product Fabrication under Current Conditions // Applied Mechanics and Materials. - Vol. 682. – 2014– pp. 613-616.
6. Petrushin S.I., Proskokov A.V. Theory of Constrained Cutting: Chip Formation with a Developed Plastic Deformation Zone //Russian Engineering Research, 2010. -т. 30 -№ 1 - pp. 45–50
7. Petrushin S. I. Differential equation for tool wear // Russian Engineering Research. - 2015 - Vol. 34 - №. 12. -pp. 756-762.
8. Konovodov V. V., Valentov A. V., Kukhar I. S. Analysis of the influence of warming on the quality of soldered instruments // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012053. -pp. 1-5.
9. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. – М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
10. Дульзон А.А. Мотивация и энергоэффективность // ЭКОТЭК.– 2009. – №4 (33). – С.40–41.
11. Петрушин С. И., Грубый С. И. Обработка чугунов и сталей сборными резцами со сменными многогранными пластинами. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 156 с.
12. Saprykina N A, Saprykin A A, Borovikov I F, Sharkeev Y P, Influence of layer-by-layer laser sintering conditions on the quality of sintered surface layer of products, //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2015.- Vol.91. Article number 012031.- pp.1-6.
13. Blashchuk, M. Y., Kazantsev, A. A., & Chernukhin, R. V. Capacity Calculation of Hydraulic Motors in Geokhod Systems for Justification of Energy-Power Block Parameters. // Applied Mechanics and Materials. Vol. 682.- 2014.- pp. 418-425.
14. Saprykina N. A., A. A. Saprykin A. A. Improvement of surface layer formation technology for articles produced by layer-by-layer laser sintering // Applied Mechanics and Materials. vol. 379. – 2013. pp. 56-59.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ СЛС ИЗ СПЛАВА ПГ-СРЗ

А. П.Пилипчук, к.т.н., доц., О. Г.Девойно, д.т.н., проф., Д. Г.Девойно, к.т.н., доц.

Военная академия Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет

220057, г. Минск, пр. Независимости, 220, тел. (+37517)-287-41-69

E-mail: vikmech@mail.ru

Введение

Последние два десятилетия активно развивается альтернативный способ создания трехмерных объектов, получивший название «Аддитивные технологии/AdditiveFabrication» (АТ/АФ) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или САД-модели) методом послойного добавления материала. Наиболее быстроразвивающимся методом аддитивного производства [1] является метод селективного лазерного спекания/плавления (СЛС), в котором процесс послойного нанесения порошка и локальное лазерное плавление разнесены во времени. Метод СЛС представляет собой процесс послойного спекания деталей из металлического порошкового материала, гранулы которого связываются между собой путем их проплавления при помощи лазерного луча, движущегося в каждом слое по определенной траектории в соответствии с выбранной стратегией обработки и согласно трехмерной модели изделия в компьютерной среде. Такой подход позволяет создавать уникальные изделия, которые практически невозможно получить традиционными методами (передел старой технологии оказывается чрезмерно трудоемким или вообще не возможен). Метод СЛС имеет большой потенциал для развития проектирования и производства единичных и мелкосерийных деталей сложной конфигурации, изготовление которых традиционными методами требует изготовления специальной оснастки. Например, теплообменники со сложной структурой каналов охлаждения, литейная оснастка для создания корпусов новых двигателей и насосов, фильтрующие элементы, индивидуальные медицинские протезы и др. При помощи данных технологий появилась возможность изготавливать детали с прямоугольной либо любой другой формой внутренних полостей (спиралевидного типа) и/или любой формы сетчатым наполнением [2].

Постановка задачи исследования

В настоящее время нет полной ясности, как следует воздействовать на конкретный материал, чтобы получить изделие с приемлемой микроструктурой (размером зерна, текстурой и т. д.) и механическими свойствами (прочностью, твердостью, остаточными напряжениями и т. д.). Задача технолога состоит в определении оптимальной взаимосвязи таких параметров, как мощность лазера, фракционный и химический состав порошка, шаг и скорость сканирования лазерным лучом, температура плавления материала. В процессе СЛС происходят сложные металлургические явления, которые сильно зависят от параметров обработки (типа лазера, размера пятна, лазерной мощности, скорости сканирования, шага сканирования, толщины слоя порошка), свойств материала и параметров порошков (химического состава, формы частиц, размера частиц и их распределения, сыпучести и плотности укладки порошка) [1-3].

Основные направления исследований в области АТ-технологий в мировой науке [3]:

- расширение номенклатуры применяемых металлических порошков, исследование их химических и физических свойств, способа изготовления порошков с определенными заданными механическими характеристиками, а также изготовление композиционных порошков на основе Fe, Ni, Ti, Al, Cu;
- разработка и проектирование новых материалов с применением различных методов для обеспечения нанофазности, аморфности, создания функционально-градиентной структуры;
- создание базы данных основных характеристик технологического процесса и изучение металлургических процессов для улучшения микроструктуры материала;
- определение основных физических и химических металлургических механизмов, ответственных за изменения микроструктуры и механических свойств;
- теоретическое моделирование процесса (термодинамика и кинетика поведения расплава в неравновесной расплавленной ванне также имеет особое значение) – массоперенос и течение жидкости, зарождение и рост кристаллов, плавление и перемешивание являются ключевыми механизмами данного процесса, позволяя тем самым создавать микроструктуру в соответствии с предъявляемыми требованиями к производимым изделиям.

Особое значение в настоящее время приобретает первое направление, т.к. многие организации, которые приобрели дорогостоящее оборудование для АТ, попадают в зависимость от зарубежного поставщика и вынуждены закупать импортные гранулы. Разные компании-производители АТ-машин предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой

этой компанией. При этом в Россию поставляются гранулы ограниченных составов, исключающих высокотемпературное применение в интересах ракетно-космической техники. Поэтому выделены главные направления дальнейшего развития, без реализации которых, внедрение АТ в российскую промышленность практически не возможно[1]:

- разработка и производство аддитивных 3D-установок и программного обеспечения на базе РФ;
- адаптация отечественных порошков металлов и сплавов под установки селективного сплавления, увеличение объемов производства порошков перспективных сплавов заданной гранулометрии и морфологии;
- исследование и оптимизация технологических режимов аддитивного производства для гаммы материалов отечественного производства (в первую очередь жаропрочных сплавов на основе никеля и титана);
- серийное производство ответственных деталей заданной геометрии методами селективного сплавления из порошков российского производства.

Цель представленной работы – анализ процесса селективного лазерного спекания и разработка технологии создания деталей методом СЛС из материалов, производимых предприятиями СНГ.

Результаты исследования

Выполнен анализ материалов, используемых для создания деталей способом СЛС. Установлено, что с использованием дешевых порошков связывают большие надежды в развитии СЛС. В данном направлении возможно использование особой группы износостойких материалов, так называемых самофлюсующихся сплавов системы Ni – Cr – B – Si – C, которые имеют сложную многофазную структуру и представляют собой сплавы на основе никеля (не менее 75 %), содержащие добавки (не менее 1,5 %) бора и кремния (т. н. структура Шарпи) [3-6]. Данные материалы позволяют создавать поверхностные слои, характеризующиеся высокой твердостью (около 50 HRC) и мелкозернистой структурой, что в значительной степени определяет износостойкость. Высокие механические свойства покрытий из данных материалов определяются наличием боридов и карбидов хрома и никеля, которые обеспечивают высокую износ- и коррозионную стойкость. Для данных материалов характерна низкая температура плавления (1100 °С), значение которой ниже температуры плавления сталей. Наличие в составе бора и кремния, превосходящих никель и железо по химическому сродству к кислороду, способствует протеканию восстановительных реакций, что позволяет проводить операции без использования защитной среды. В процессе плавления и последующей кристаллизации данного материала образуются окислы B_2O_3 и SiO_3 , расплавляющиеся как стекловидные вещества и выходящие на поверхность в виде шлака, в результате чего после охлаждения получают плотное, не имеющее пор изделие.

Для отработки режимов создания деталей выполнен анализ существующих установок СЛС и на основе его результатов разработано и изготовлено приспособление (рисунок 1), состоящее из стойки, неподвижного внешнего цилиндра, подвижного внутреннего цилиндра (диаметр 50 мм), механизма перемещения внутреннего цилиндра (зубчатая рейка), индикатора часового типа (цена деления 0.01 мм) для контроля перемещения внутреннего цилиндра (до 50 мм). Данное приспособление вместе с лазерной установкой «Комета 2» (НИИЛ ПиЛТ БНТУ) образуют установку для СЛС (рисунок 2).



Рис. 1. Приспособление для подачи порошка



Рис. 2. Установка для селективного лазерного спекания

В настоящей работе рассматривался процесс формирования детали цилиндрической формы, как наиболее распространенной. Для определения параметров процесса формирования была использована разработанная авторами математическая модель оценки теплового воздействия при движении лазерного луча по траектории соответствующей конфигурации формируемого изделия [7]. Параметры обработки: мощность лазерного луча $P = 1$ кВт, диаметр лазерного луча $d = 1$ мм., скорость перемещения лазерного луча $V = 400 \dots 1000$ мм/мин. В результате расчета определено температурное поле $T(x, y, z, t)$ в детали диаметром 30 мм изготовленной из ПГ-СРЗ, возникающее при движении лазерного луча, имеющего гауссово распределение интенсивности. На рисунке 3 представлено температурное поле, соответствующее положению лазерного луча в различные моменты времени. На рисунке 4 представлена фотография цилиндрической поверхности (диаметр 30 мм, высота 7 мм), полученной в результате реализации способа СЛС, на рисунке с использованием предложенного оборудования.

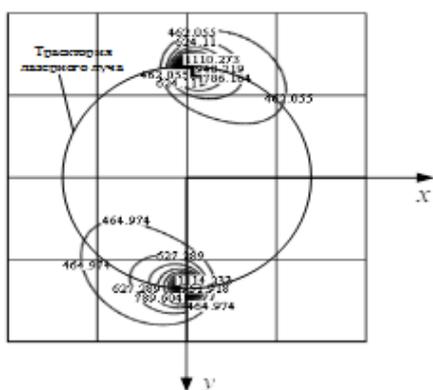


Рис. 3. Температурное поле в плоскости yOx



Рис. 4. Внешний вид полученного образца

Исследования структуры выполнены с использованием металлографического комплекса «Autoscan» в составе металлографического поляризационного микроскопа «MDS», видеокамеры «USB 2.0 CMOS-5M» и ПЭВМ с программным обеспечением (рисунок 5). На рисунке 6 представлена фотография микроструктуры поперечного сечения образца.

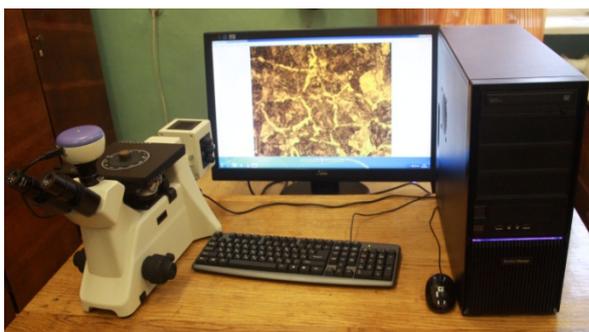


Рис. 5. Металлографический комплекс «Autoscan»

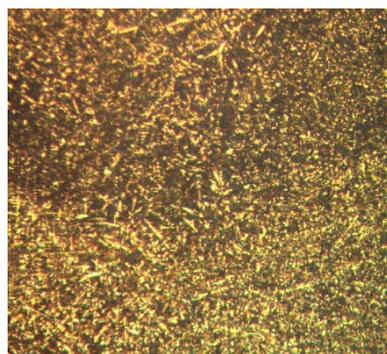


Рис. 6. Микроструктура поперечного сечения образца

Полученные результаты подтверждает возможность использования данного подхода для создания реальных деталей машин и механизмов. Основным направлением дальнейшего исследования является определение параметров СЛС обеспечивающих отсутствие трещин в детали.

Литература.

1. 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.
2. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутьлина. – С-Пб.: Изд-во политехн. ун - та, 2013. – 222 с.
3. Фомин, В.М. Микроструктура при лазерном сплавлении металлических порошков / В.М. Фомин, А.Г. Маликов, А.М. Оришич, А. О. Токарев// Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – №3 (15). С. 25 – 31.
4. Шишковский, И. В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗ-МАТЛИТ, 2009. – 424 с.
5. Хасуи А., Моригаки О. Напыление и наплавка – М.: Машиностроение, 1985. –240 с.
6. Anyakin, M., Optimal conditions for process of rapid prototyping / M. Anyakin, P. Kondrashov, A. Mukhoid, A. Stepura, V. Kovalenko // Laser Technologies in Welding and Materials Processing. Kiev/ E.O. Paton Electric Welding Institute, NASU. P.135-141
7. Пилипчук, А. П. Использование самофлюсующихся сплавов для создания деталей методом селективного лазерного спекания / А. П. Пилипчук, О. Г. Девойно, Ю.А. Грибков, Н.И. Луцко // Вестн. Воен. Акад. Респ. Беларусь. – 2016. – № 1(50). – С. 165–174.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКЕ**

*С. И. Петрушин, д.т.н., проф., Р.Х. Губайдулина, к.т.н., доц., Ш.С. Нозирзода, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)7-77-61
E-mail: victory_28@mail.ru*

Введение

Любой технологический процесс, при котором изменяются свойства материала или форма изделия, требует определенных затрат электрической энергии. Из традиционных способов формообразования наиболее энергоэффективными являются методы лезвийной обработки резанием. Так, если принять за единицу количество электроэнергии, расходуемой на снятие с заготовки единицы объема при точении, то для шлифования эта величина возрастет в сто раз, а для электрохимических и электрофизических способов обработки – в тысячу раз и более [1]. Поэтому при разработке современных технологий необходимо соизмерять получаемый положительный эффект от их внедрения с возникающими затратами электроэнергии. С другой стороны, в традиционных способах механической технологии расходы на электроэнергию зависят от условий обработки и в первую очередь от режима резания. Рассмотрим этот вопрос применительно к точению черных металлов сборными резцами с механическим креплением сменных многогранных пластин [2].

Результаты и обсуждение

Под энергозатратами H на механическую обработку понимается расход количества электрической энергии на снятие одного килограмма стружки [1]:

$$H = \frac{N \cdot \tau}{W \cdot \lambda} \text{ кВт.·час/кг}, \quad (1)$$

где N – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

τ – время резания, час;

W – объем снятой стружки за время резания, м³;

λ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³.

Величинам N и W соответствуют известные выражения [1]

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}; \quad (2)$$

$$W = 60 \cdot 10^{-6} \cdot V \cdot t \cdot S \cdot \tau, \quad (3)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

V – скорость резания, м/мин;

t – глубина резания, мм;

S – продольная подача, мм/об.

Подставив выражения (2) и (3) в формулу (1) и приведя все величины к единой размерности, получим:

$$H = \frac{P_z}{3,67 \cdot t \cdot S \cdot \lambda} \quad (4)$$

Для дальнейшего анализа воспользуемся данными работы [2], где для условий наружного продольного точения серого чугуна марки СЧ 25 ($\lambda = 7,15 \text{ кг/М}^3$) резцами, оснащенными трехгранными пластинами из твердого сплава ВК 6.

Как следует из выражения (4) для расчета энергозатрат необходимо знать составляющую силу резания P_z .

Опыты по выявлению влияния режимов резания на силу резания выполнялись резцом конструкции ВА3, оснащенным трехгранной пластиной правильной формы с задним углом 01331-160308 К6 ГОСТ 19045-80 со следующими геометрическими параметрами: $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $r = 0,8 \text{ мм}$. Базовое сочетание параметров режима резания: $V = 1,0 \text{ м/с}$, $t = 2 \text{ мм}$, $S = 0,57 \text{ мм/об}$. Работа без СОЖ. Каждая экспериментальная точка повторялась не менее пяти раз. Скорость резания изменялась в пределах от 0,33 до 1,67 м/с (рис.1).

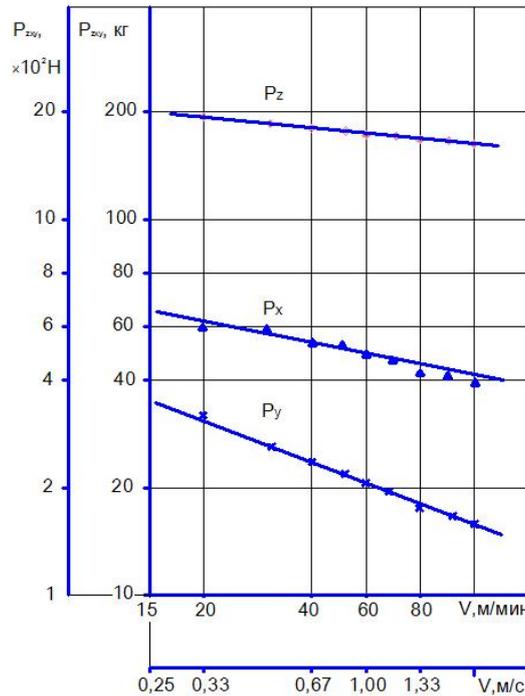


Рис. 1. Влияние скорости резания на составляющие силу резания: СЧ25-ВК6; резец – ВА3, квадратная пластина с задним углом, $\varphi = 90^\circ$; $t = 2 \text{ мм}$; $S = 0,57 \text{ мм/об}$.

Опыты показали экспериментальные исследования, что с увеличением скорости резания все составляющие силу резания монотонно уменьшаются, причем медленнее остальных составляющая P_z , а интенсивнее – P_y . Соответствующие аппроксимационные формулы имеют вид:

$$P_z = 235,6 V^{-0,07}; \quad (5)$$

$$P_y = 122,4 V^{-0,44}; \quad (6)$$

$$P_x = 138,0 V^{-0,27}. \quad (7)$$

Результаты экспериментов влияния глубины резания и подачи на силу резания представлены на рис.2а, – для составляющей силу резания P_z , на рис.2б – для составляющей P_y и на рис.2в – для P_x .

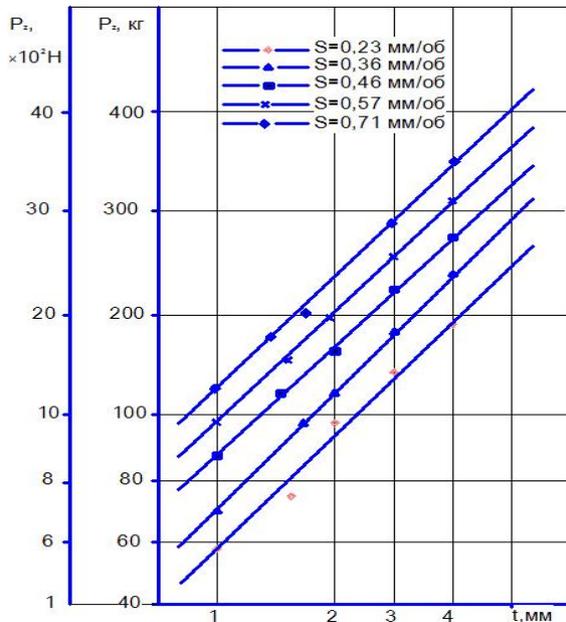


Рис.2а. Влияние глубины резания и подачи на составляющие P_z СЧ25-ВК6, резец – ВА3, трехгранная пластина с задним углом, $V=1,0$ м/с

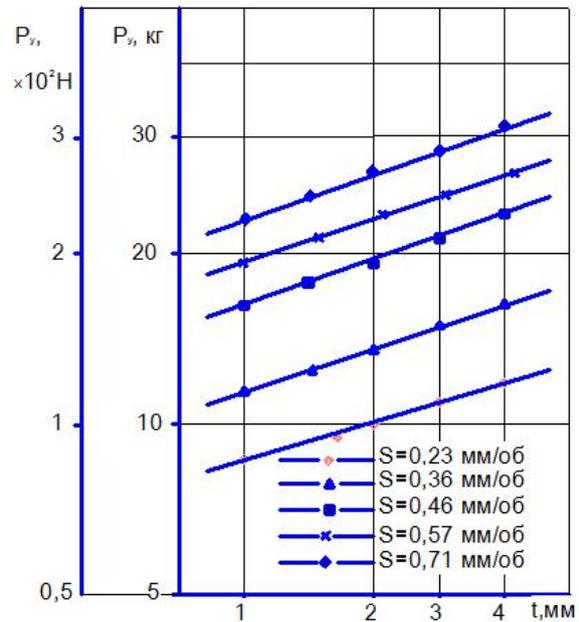


Рис.2б. Влияние глубины резания и подачи на составляющие P_y СЧ25-ВК6, резец – ВА3, трехгранная пластина с задним углом, $V=1,0$ м/с

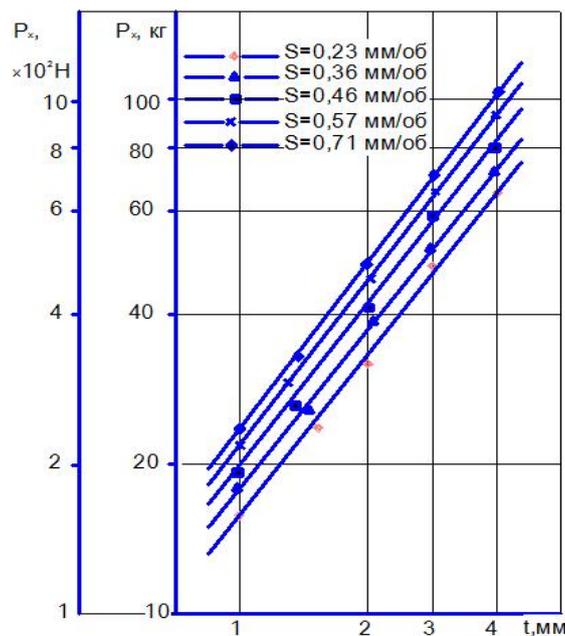


Рис.2в. Влияние глубины резания и подачи на составляющие P_x СЧ25-ВК6, резец – ВА3, трехгранная пластина с задним углом, $V=1,0$ м/с

Из приведенных рисунков следует, что между подачей и глубиной резания отсутствует взаимовлияние и в качестве математической модели можно принять выражение вида

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S^{Y_{Pz}};$$

$$P_y = C_{Py} \cdot t^{X_{Py}} \cdot S^{Y_{Py}};$$

$$P_x = C_{Px} \cdot t^{X_{Px}} \cdot S^{Y_{Px}}.$$

Обработка результатов опытов по «классическому» методу дала общие для глубины резания и подачи зависимости следующего вида:

$$P_z = 145,7 \cdot t^{0,85} \cdot S^{0,68}; \quad (8)$$

$$P_y = 28,9 \cdot t^{0,29} \cdot S^{0,78}; \quad (9)$$

$$P_x = 28,9 \cdot t^{1,13} \cdot S^{0,36}. \quad (10)$$

Заметим, что в формулу (4) скорость резания непосредственно не входит, но ее влияние на энергозатраты передается через составляющую P_z . Если подставить в нее выражение (5) и численные значения постоянных величин, то получим:

$$H = 0,787 \cdot V^{-0,07}, \text{ кВт-час/кг}. \quad (11)$$

Аналогично можно получить зависимость энергозатрат от глубины резания и подачи путем подстановки (8) в (4):

$$H = \frac{0,397}{t^{0,15} S^{0,32}}, \text{ кВт-час/кг}. \quad (12)$$

Анализ выражений (11) и (12) показывает, что энергозатраты снижаются при интенсификации режима резания. Наиболее эффективным средством их понижения является повышение величины подачи, менее эффективным – повышение глубины резания. Повышение скорости резания, хотя и приводит к некоторой экономии энергии, дает слабый эффект и к тому же неблагоприятно отражается на срок службы инструмента.

Так, если на энергозатраты скорость резания влияет в степени 0,07, то на стойкость – в степени 4,2 [2].

Была получена развернутая формула для расчета энергозатрат, учитывающая не только влияние режима резания, но также радиуса при вершине r , формы сменной многогранной пластины и ее износа следующего вида:

$$H = 0,0735 \cdot V^{-0,07} \cdot t^{-0,15} \cdot S^{-0,32} \cdot r^{0,01} \cdot K_{\phi p_z} \cdot K_{h p_z}. \quad (13)$$

Значения поправочных коэффициентов в формуле (13) приведены в таблице 1 и 2. Формула (9) справедлива в следующих диапазонах изменения аргументов: $V = 0,33 - 1,67$ м/с; $t = 1 - 4$ мм; $S = 0,23 - 0,71$ мм/об; $r = 0,8 - 2,6$ мм.

Таблица 1

Значение поправочного коэффициента на величину износа

Износ h_3 , мм	$K_{h p_z}$
0,0	1,00
0,5	1,01
0,8	1,02
1,0	1,04
1,2	1,11
1,5	1,27

Значение поправочного коэффициента на форму пластины

Форма пластины	$K_{ФР2}$
Правильная трехгранная с задним углом	1,00
Правильная трехгранная пластина	1,12
Неправильная трехгранная с отверстием и стружечными канавками	1,10
Квадратная с отверстием и стружечными канавками	1,14
Пятигранная с отверстием и	1,12
Шестигранная с отверстием и стружечными канавками	1,05
Ромбическая с отверстием и стружечными канавками	1,11
Параллелограммная со стружечными канавками правая	0,96

ВЫВОДЫ

- Механическая обработка резанием заготовок деталей машин является наиболее экономичной технологией с точки зрения затрат электроэнергии по сравнению с такими современными технологиями, как физико-технические методы, включая электрохимическую, электроэрозионную, ультразвуковую, лазерную обработку, методы быстрого прототипирования и другие. Поэтому при внедрении этих «высоких» технологий необходимо учитывать это обстоятельство.
- Получена формула для расчета энергозатрат, учитывающая не только влияние режима резания, но также радиуса при вершине r , формы сменной многогранной пластины
- На примере точения серого чугуна сборными резами со сменными многогранными пластинами показано, что резание с большими подачами (силовое резание) более энергоэффективно, чем скоростное (резание с большими скоростями).

Литература.

1. Дульзон А.А., Ушаков В.Я., Чубик П.С. Ресурсоэффективность – основа устойчивого развития цивилизации // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т.320. – №6. – С.39–46.
2. Boyett J.H., Boyett J.T. Management-Guide: Die Top-Ideen der Management- Gurus.-Munchen: Econ, 1999.–399p.
3. Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях.– Томск: Изд-во ТПУ, 2008.–181с.
4. Ушаков В.Я. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности: социально-экономические, организационные и правовые аспекты. Томск: Изд-во ТПУ, 2011.–280с.
5. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. – М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
6. Петрушин С. И., Грубый С. И. Обработка чугунов и сталей сборными резами со сменными многогранными пластинами. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 156 с.
7. Petrushin S.I., Proskokov A.V. Theory of Constrained Cutting: Chip Formation with a Developed Plastic_Deformation Zone //Russian Engineering Research, 2010. -т. 30 -№ 1 -с. 45–50 (10944362)
8. Petrushin S. I. Differential equation for tool wear // Russian Engineering Research. - 2015 - Vol. 34 - №. 12. - p. 756-762
9. Gubaydulina R. K., Petrushin S. I., Galeeva A. A. Selecting an Economical Variant of the Manufacturing Method of Engineering Product Fabrication under Current Conditions // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 613-616
10. N. A. Saprykina, A. A. Saprykin Improvement of surface layer formation technology for articles produced by layer-by-layer laser sintering // Applied Mechanics and Materials. vol. 379 (2013). pp. 56-59.
11. N. A. Saprykina, A. A. Saprykin, Influence of Layer-by- layer Laser Sintering Modes on the Thickness of Sintered Layer of Cobalt-chromium-molybdenum Powder, Applied Mechanics and Materials. 1040. (2014).pp.808-811.
12. Belomestnykh V. N., Soboleva E. G. Behavior of Poisson's ratio in the crystal Cu₂O // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 170-173.
13. Chinakhov D A, Dependence of Silicon and Manganese Content in the Weld Metal on the Welding Current and Method of Gas Shielding Applied Mechanics and Materials 756 2015 p 92-96

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЗРЫВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ В
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ**

А.П. Родзевич^{1,а}, ст. преп., Е.Г. Газенаур^{2,б}, к.ф.-м.н., доц., Л.В. Кузьмина^{2,с}, д.ф.-м.н., проф.

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

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)62248

²*Кемеровский государственный университет, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. (3842)580605*

^аE-mail: nimez@tpu.ru, ^бe-mail: gazenaur@kemsu.ru, ^сe-mail: specproc@kemsu.ru

Материалы современной техники часто используются в экстремальных условиях (индивидуально или комбинированного действия электромагнитных полей, лазерного излучения, света, температуры), при которых в них могут происходить различные физико-химические превращения, принципиально ограничивающие области их применения. Из совокупности действующих факторов все больший интерес представляют электромагнитные поля неконтролируемого происхождения (различные проявления статического электричества, излучения мощных электротехнических и радиотехнических устройств, действие различных техногенных источников и т.д.). Спецификой данного вида воздействия на такие материалы, как взрывчатые вещества, является возможность возбуждения в них быстропротекающих процессов, что может служить причиной пожаров и взрывов. В связи с этим, встает вопрос разработки эффективных методов управления взрывной чувствительностью и стабильностью энергетических материалов, что является актуальным также и для угольных отраслей промышленности.

Работа является одной из первых в отечественной и мировой практике попыток разработки эффективных методов управления взрывной чувствительностью инициирующих взрывчатых веществ (на примере нитевидных кристаллов азида серебра) на основе технологии получения и обработки энергетических материалов в сверхслабом электрическом (до 1 мкВ/см) и магнитном (до 0,001 Тл) полях. Практическая значимость настоящей работы определяется возможностью использования полученных экспериментальных данных для целенаправленного изменения реакционной способности взрывчатых материалов.

В качестве объектов настоящего исследования использовали нитевидные кристаллы азида серебра - традиционный модельный объект для создания теории быстрых реакций в твердых телах, способный под действием внешних факторов различной природы претерпевать необратимые превращения с образованием инертных конечных продуктов (молекулярного азота и металла), легко анализируемых традиционными физико-химическими методами. Для азида серебра достаточно подробно исследованы физико-химические свойства, определена зонная структура и параметры кристаллической решетки [1-3]. Практическая значимость кристаллов азида серебра определяется, прежде всего, возможностью использования их в качестве взрывчатых веществ с высокой инициирующей способностью [1,4], а также чувствительных датчиков измерения сверхнизких электрических и магнитных полей.

Предлагаемая в работах [5-7] технология кристаллизации неорганических веществ в электрическом поле позволила получать образцы с улучшенными рабочими характеристиками (монокристаллическость, минимальное количество дефектов, увеличенный срок хранения, регулируемый варьированием напряженности электрического поля при кристаллизации размер и т.д.). Образцы азида серебра, полученные на автоматизированной установке синтеза и кристаллизации, описанной в работе [6], содержат минимальное количество дефектов. Содержание примеси положительных ионов металлов Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , оцененное атомно-эмиссионным (использовали атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500) и рентгенофлуоресцентным (исследования проводили на установке JEOL JSM-6390 LA, комбинированный РЭМ-РМА) методами анализа, составляет в среднем $2 \cdot 10^{-5}$ мольных процента; плотность дислокаций, определяемая методом ямок травления [8], составляет в среднем $2 \cdot 10^2$ см⁻².

Процессом твердофазного разложения азида серебра, как показали результаты наших исследований [9], можно эффективно управлять с помощью бесконтактного электрического поля. Возможности применения для этих целей слабых электромагнитных полей, моделирующих реальные условия хранения и транспортировки взрывчатых веществ, и посвящена настоящая работа.

Для изучения закономерностей разложения использовали схему прямого эксперимента: воздействие - отклик. Взрывное разложение нитевидных кристаллов азида серебра инициировали двумя способами:

1. импульсом длительностью 10 нс, длиной волны 1064 нм (энергия в импульсе до 1,1 Дж YAG: Nd лазера LDPL10M и импульсом длительностью от 200 мкс до 20 мс длиной волны 1070 нм (энергия в импульсе до 20 Дж) иттербиевого квазинепрерывного волоконного лазера [4,10]. Экспозиция инициирования на поверхности образца определялась с помощью пироэлектрической головки PE50BF-DIF-C (OphirPhotonics) и контролировалась по сигналу откалиброванного фотодиода. Для инициирования использовалась только центральная часть пучка лазера, что обеспечивало достаточно однородное распределение интенсивности возбуждения по поверхности образца. Разброс энергий инициирующего импульса не превышал 3%. Аппроксимацию экспериментальных данных проводили по зависимости вероятности взрыва от экспозиции инициирования в рамках микроочаговой модели зарождения цепной реакции взрывного разложения энергетических материалов, предложенной в работе [11].

2. контактным электрическим полем. Электрическое поле напряженностью 300 кВ/м создавали при помощи источников питания постоянного тока. В качестве электрических контактов использовали галлий (межэлектродное расстояние составляло 1 мм). В этих условиях осуществляется режим монополярной инжекции дырок, которые, попадая в реакционные области, стимулируют протекание химической реакции [9]. Взрывную чувствительность определяли как время задержки взрыва. Измерение времени задержки взрыва имеет ряд особенностей, обусловленных вероятностным характером взрывного разложения, в большей степени в области малых напряженностей. Измеряемая величина времени задержки взрыва содержит вероятностную компоненту, и как показали эксперименты, зависит от биографии образца. В качестве эталонного приняли время задержки взрыва при напряженности контактного электрического поля 300 кВ/м (эта напряженность поля соответствует при вероятности 80-95 % времени задержки взрыва в среднем 360 ± 20 с).

Экспериментально установлено уменьшение взрывной чувствительности у образцов, выращенных в электрическом поле, при инициировании взрывного разложения контактным электрическим полем (время задержки взрыва составляет в среднем 6000 с против 360 с у образцов, выращенных обычным способом).

Анализ зависимости вероятности взрыва от экспозиции инициирования при лазерном инициировании (вариант 2 инициирования взрывного разложения исследуемых образцов) показал, что нитевидные кристаллы азиды серебра, выращенные в электрическом поле, имеют более высокий (примерно в полтора раза по сравнению с контрольными образцами, выращенными без поля) порог инициирования. Кроме того, пороговое значение экспозиции увеличивается при увеличении напряженности бесконтактного постоянного электрического и магнитного полей при кристаллизации.

Таким образом, использование технологии получения и обработки материалов в слабом электромагнитном поле, в указанном диапазоне напряженностей, позволило, изменяя дефектную и дисперсную структуру этих материалов, управлять их взрывной чувствительностью, что определяет возможность использования полученных экспериментальных результатов для целенаправленного управления стабильностью взрывоопасных материалов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-03-00313 А «Взрывная чувствительность энергетических материалов во внешних полях».

Литература.

1. Walker, B.F. Energetic Materials. Physics and chemistry of inorganic azides. / Ed. by H. D. Fair, B.F. Walker. - New York: Plenum Press, 1977. - Vol. 1. - 503 p.
2. Gordienko, A. B. Electronic Structure of Metal Azides / A. B. Gordienko, Yu. N. Zhuravlev, A. S. Poplavnoy // Phys. stat. sol. (b), 1996. - V. 197. - № 2. - P. 707-719.
3. Gora, T. Electronic structure of the azide ion and metal azide / T. Gora, D. S. Downs, P. J. Kemmeyer, et al. // Energetic materials. - New York: Plenum Press, 1997. - V. 1. - P. 193-250.
4. Aduv, B.P. Explosive decomposition of heavy-metal azides. / B.P. Aduv, É.D. Aluker, G.M. Belokurov, Yu.A. Zakharov, et al. // Journal of Experimental and Theoretical Physics. - 1999. - T. 89. - № 5. - С. 906-915.
5. Rodzevich, A.P. On a mechanism of an electric field influence on physicochemical specifications of materials / A.P. Rodzevich, E.G. Gazenaur, V.I. Krasheninina // Applied Mechanics and Materials. - 2013. - Vol. 379. - p. 154-160.
6. Rodzevich, A.P. The Technology of Production and Treatment of Materials in the Electric Field / A.P. Rodzevich, E.G. Gazenaur, G.M. Belokurov. // Applied Mechanics and Materials. - 2014. - Vol. 682. - pp. 206-209.

7. Rodzevich, A.P. Features of Physical and Chemical Properties of Inorganic Salts, Grown in the Electric Field. / A.P. Rodzevich, E.G. Gazenaur, A.S. Walnukova, L.V. Kuzmina. // The 7th International Forum on Strategic Technology IFOST2012, 2012. pp. 296-299.
8. Sangwal K. Etching of crystals: Theory, experiment, and application. In S. Amelinckx and J. Nihoul, Eds., Defects in Solids. North-Holland: Amsterdam, 1987. 497 p.
9. Zakharov, V. Yu. The control of solid phase decomposition of silver azide by noncontact electric field / V. Yu. Zakharov, V. I. Krasheninina, L. V. Kuz'mina, et al. // Solid State Ionics. - 1997. - V. 101-103. - P. 161-164.
10. Kriger, V.G. The effect of crystal size on initiation of decomposition of heavy metal azides by pulse radiation. / V.G. Kriger, A.V. Kalenskii. // Russian Journal of Physical Chemistry. - 1996. - T. 15. - № 3. - С. 351-358.
11. Aluker, E.D. Early Stages of Explosive Decomposition of Energetic Materials, in Focus on Combustion Research, ed. by Sung Z. / E.D. Aluker, B.P. Aduiev, Y.A. Zakharov, A.Y. Mitrofanov, A.G. Krechetov // Focus on Combustion Research. / Aluker E.D -New York: Novapublishers, 2006. P. 55.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КАРБОНАТНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД*

*И.Д. Рожихина¹, д.т.н., проф., О.И. Нохрина², д.т.н., проф.,
И.Е. Прошунин³, к.т.н.*

¹*Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-86-14*

²*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

³*АО «ЗСМК», г. Новокузнецк, Кемеровская область, e-mail: kafamsf@sibsiu.ru*

Анализ состояния и перспективы развития марганцеворудной сырьевой базы свидетельствуют о целесообразности разработки технологических схем с целью вовлечения в производство имеющихся в России марганцевых руд, в том числе и карбонатных.

Крупнейшее месторождение марганцевых руд России, Усинское, включает 55 % балансовых запасов страны. Оно расположено в Кемеровской области в пределах Алтае-Саянской металлогенической провинции. Марганцевые руды Усинского месторождения характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (18 – 22 %) и повышенным содержанием фосфора (0,2 – 0,3 %) [1]. Усинское месторождение сложено двумя генетическими типами руд: первичными (карбонатными) и вторичными (окисленными), химический состав которых приведен в таблице 1. Доля карбонатных руд составляет 94 %, окисленных – 6 % [2].

Таблица 1

Химический состав марганцевых руд Усинского месторождения [3]

Руда	Химический состав, %									
	Mn	Fe	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	ППП	CO ₂
Окисленная	26,9	8,5	0,27	0,05	25,30	3,70	5,0	1,30	13,44	4,31
Карбонатная	19,3	5,96	0,18	1,09	10,33	1,67	14,9	3,17	24,01	23,57

Прямой плавкой практически невозможно получить стандартные сплавы ферромарганца и силико-марганца, целесообразна разработка новых нетрадиционных методов использования этих руд для получения из них материалов хорошего качества, а также таких методов, которые обеспечат заметное повышение извлечения марганца при плавке традиционным углеродотермическим способом [4].

На кафедре металлургии черных металлов был разработан состав смесей для обработки стали марганецсодержащими материалами с использованием в качестве восстановителя кремния самораспадающегося комплексного сплава, выплавленного из Усинской карбонатной руды и кварцита Антоновского месторождения углеродотермическим процессом.

* Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Минобрнауки РФ на 2014 – 2016 гг.

Сплав с содержанием 40 – 45 % Si и 15 – 30 % Mn получали непрерывным процессом в лабораторной печи мощностью 100 кВт из шихты, навеска которой состояла из 8 кг кварцита, 6 кг карбонатной марганцевой руды (30,5 % Mn, 8 % SiO₂, 10 % CaO, 1,0 Al₂O₃, 5,6 % Fe), 2,2 – 2,3 кг железной стружки и 5,8 – 6,3 кг сухого кокса. Выпуск осуществляли через каждый час работы печи. Сплав первого выпуска содержал примерно 25 % кремния, четвертого выпуска – примерно 45 %, содержание марганца при этом колебалось от 15 до 25 %. Усредненный состав выплавленного металла был следующим: 22,17 % Mn и 42,55 % Si. Извлечение марганца в сплав колебалось в пределах от 85 до 90 %.

Марганецосодержащим компонентом смеси является продукт термической обработки карбонатной марганцевой руды.

Для получения продукта термической обработки наилучшие результаты получаются при прокаливании в окислительной атмосфере карбонатной марганцевой руды с содержанием 26 – 31 % Mn, 8 – 11 % CaO и 1 – 3 % MgO, 2 – 7 % Fe₂O₃, 8 – 17 % SiO₂.

В результате экспериментального изучения процесса обжига карбонатной руды были определены его технологические параметры, позволяющие получать продукт термической обработки, который не содержит свободных основных оксидов и представлен следующими соединениями, % масс.:

- (Ca, Mg) (Mn, Fe)₂O₄ 55 – 75;
- Mn₂O₃ + Fe₂O₃ 5 – 25;
- Кремнезем и другие оксиды 10 – 30.

Технологические параметры процесса:

- длительность обжига в окислительной атмосфере 60 – 70 мин;
- температура обжига 1123 – 1223 К;
- охлаждение в окислительной атмосфере до температуры 723 – 823 К.

Исследования показали, что продукт термической обработки карбонатной руды в окислительной среде не гигроскопичен. Содержание влаги в нем при хранении на воздухе в течение 3 – 4 недель не повышается. Это связано с тем, что все оксиды кальция и магния в продуктах связаны и представлены в изоморфной смеси ферритов и манганитов кальция и магния.

Из подготовленной шихты: продукта термической обработки карбонатной марганцевой руды и саморассыпающегося сплава (22,17 % Mn, 42,55 % Si) на гидравлическом брикет-прессе изготавливали брикеты размером 20×50 мм. Брикеты подвергали изотермической выдержке при t = 1873 К в печи сопротивления в течение 10 мин.

Состав брикетов и результаты восстановления компонентов брикетов приведены в таблицах 2 и 3.

При использовании материала термической обработки в смесях для обработки стали марганецосодержащими материалами обеспечивается не только высокая скорость восстановления марганца и железа из их оксидов, но и высокая скорость взаимодействия продуктов реакций.

Таблица 2

Состав брикетов

Компоненты	Составы, масс. %			
	1	2	3	4
Сплав комплексный саморассыпающийся	56,5	47,5	43,0	47,0
Продукт термической обработки карбонатной марганцевой руды	39,5	47,5	51,5	47,5
Жидкое стекло	4,0	5,0	5,5	5,5

Таблица 3

Результаты восстановления компонентов брикетов

Характеристики	Составы брикетов			
	1	2	3	4
Состав сплава, %				
Mn	51,20	52,70	51,90	52,60
Si	24,10	24,30	24,80	24,70
Состав шлака, %				
MnO	4,36	6,68	6,03	15,0
SiO ₂	43,0	43,78	43,62	47,0
Al ₂ O ₃	24,16	20,28	20,93	Не определен
CaO	19,7	17,7	21,2	
Кратность шлака	0,48	0,52	0,53	0,7
Извлечение марганца в сплав, %	89,2	88,70	91,00	90,20

Из результатов таблицы 3 следует, что извлечение марганца составило 88,7 – 91 %, а полученный сплав содержал 51,2 – 52,7 % марганца и 24,1 – 24,8 % кремния.

При определении оптимального состава брикетов было установлено, что при использовании брикетов состава, масс. %:

– продукт термического обжига карбонатной марганцевой руды ((Ca,Mg)(Mn,Fe)₂O₄ – 64, MnO+Fe₂O₃ – 23, SiO₂ и другие оксиды – 12) – 48 – 52;

– комплексный саморассыпающийся сплав (Mn – 22,17 %, Si – 42,55 %) 48 – 44;

– связующее – 4.

Извлечение марганца из продукта термического обжига составляет 88 – 91 %.

Брикеты приведенного состава целесообразно применять при обработке стали марганецсодержащими материалами в ковше, на агрегате типа «печь-ковш», что позволяет выплавлять сталь с содержанием марганца до 2 % без использования стандартных марганцевых ферросплавов, при этом использование комплексного саморассыпающегося сплава (40 – 45 % Si, 25 – 30 % Mn) обеспечивает высокое извлечение марганца (80 – 85 %), снижение доли фосфора, ликвидируются затраты на дробление восстановителя.

Литература.

1. Тигунов Л.П. Марганец: геология, производство, использование / Л.П. Тигунов, Л.А. Смирнов, Р.А. Минаджиева. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2006. – 184 с.
2. Борисов С.М. Результаты геологоразведочных работ на марганцевые руды в Кемеровской области / С.М. Борисов, А.В. Зябкин, С.С. Старкин // Сб. научных трудов «Состояние марганцево-рудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: 2001. – С. 36 – 38.
3. Серов Г.В. О промышленном освоении Усинского месторождения марганцевых руд / Г.В. Серов, В.И. Хобот, А.П. Литвиненко // Сталь. – 2006. – № 11. – С. 83 – 86.
4. Пат. № 2005803 РФ МКИ С22С33/04 Способ производства ферромарганца для сварочного производства / Толстогузов Н.В., Рожихина И.Д., Нохрина О.И. и др. – № 5034207/02; заявл. 26.03.92; опубл. 15.01.04. Бюл. № 1.

РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

Н.А. Сапрыкина, ст. преподаватель, А.А. Сапрыкин, к.т.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: nat_anat_sapr@mail.ru

В современной экономике для снижения затрат на изготовление конкурентоспособной продукции применяют технологии быстрого прототипирования. С их помощью можно создавать изделия любой геометрической сложности без предварительных затрат на подготовку средств технологического оснащения. К настоящему времени известно большое количество технологий быстрого прототипирования, которые отличаются друг от друга применяемым материалом и способом формообразования изделия [1]. Основными являются стереолитография (СЛ), послойная укладка расплавленной полимерной нити (FDM), изготовление объектов с использованием технологии ламинирования (ЛОМ), селективное лазерное спекание (СЛС), которые находят применение в литейном производстве, промышленном дизайне, медицине (имплантаты) и других сферах. Наибольшие перспективы имеет метод селективного лазерного спекания (плавления) физической копии различных объектов из порошковых материалов на основе 3D CAD-модели, который позволяет изготавливать функциональные изделия [2]. Данная технология предусматривает использование широкого спектра исходных материалов – от пластиков до различных металлических сплавов [3]. В результате смешивания различных порошковых материалов можно создавать сплавы, недоступные для обычных способов изготовления. Термическое воздействие лазерного излучения на порошковый материал значительно влияет на качество изделий и сопровождается достаточно сложными и разнообразными по своей природе физическими явлениями, а качественные изделия можно получить только в узком диапазоне режимов [4]. Для улучшения качества спеченных изделий в большинстве случаев применяют последующую обработку [5]. Но методы пост-обработки не позволяют управлять геометрическими и микрогеометрическими параметрами получаемых поверхностей, поэтому необходимо достигать высоко-

го качества спеченного поверхностного слоя технологическими методами [6]. Определение рациональных технологических режимов лазерного спекания металлических порошковых материалов для заданных параметров качества поверхностного слоя представляет собой сложную и актуальную задачу [7-9]. В данной работе рассмотрено влияние условий лазерного спекания на шероховатость спеченной поверхности из медного порошкового материала ПМС-1. Получена математическая зависимость шероховатости спеченного поверхностного слоя из медного порошкового материала ПМС-1 от технологических режимов спекания. Предложено улучшение качества спеченной поверхности изделия и его внутреннего объема за счет разделения технологических режимов спекания на черновой, чистовой и отделочный.

Порошок медный стабилизированный ПМС-1 находит широкое применение в различных областях промышленности. Частицы порошка имеют сферическую форму с номинальным размером 0,007 мм, насыпной плотностью 1,25-1,9 г/см³. Коэффициент теплопроводности медного порошка равен 3,6×10⁻³Вт/(м·°С), температура плавления 1030-1070 °С [10]. Шероховатость спеченного слоя определяли на микроскопе LEXT OLS 4100 (OLYMPUS).

Эксперименты реализованы на установке послойного лазерного спекания оригинальной конструкции, которая позволяет регулировать все технологические процессы спекания. Установка представляет собой технологический лазерный комплекс формирования поверхностей изделий сложной пространственной формы, состоящей из иттербиевого волоконного лазера ЛК – 100 – В, трехкоординатного стола, персонального компьютера, системы ЧПУ и оригинального программного обеспечения. Перемещение по координатам X, Y, Z осуществляется через шаровинтовую пару с помощью шаговых двигателей. Иттербиевый волоконный лазер с длиной волны 1,07 мкм позволяет регулировать мощность от 10 до 100 Вт. Постоянная мощность на выходе и точность фокусировки волоконного лазера обеспечивает качество и точность изготавливаемых изделий. Управление лучом лазера с помощью специальной программы в рабочей зоне размером 100х100х100 мм позволяет осуществлять сканирование по любому заданному контуру. После спекания единичного слоя стол опускается с помощью шагового двигателя на требуемую величину (толщину слоя) [11].

При изготовлении изделий методом послойного лазерного спекания необходимо разделять качество изделия и его внутреннего объема. При синтезе внутреннего объема необходимо назначать режимы спекания таким образом, чтобы обеспечивалась повышенная шероховатость спеченной поверхности. Это необходимо для прочности сцепления слоев между собой и предотвращения расслаивания. Внешняя поверхность изделия должна быть получена на других режимах, обеспечивающих небольшую шероховатость. Шероховатость спеченной поверхности зависит от большого числа факторов, связанных с режимами спекания, свойствами порошкового материала, техническими решениями. В процессе проведенных исследований были выявлены основные управляемые параметры, влияющие на формирование микропрофиля спеченной поверхности. – мощность лазерного излучения P , скорость перемещения луча лазера V , шаг сканирования s , предварительная температура подогрева порошкового материала t , влияние защитного газа аргона и механоактивации порошка [12]. На первом этапе проводились предварительные поисковые эксперименты для определения приемлемых режимов спекания. Под ними подразумевались режимы, когда единичный слой не рассыпался от прикосновения, т.е. обладал некоторой механической прочностью без значительной деформации. Эксперименты по определению рациональных режимов спекания медного порошкового материала ПМС-1 показали, что мощность лазера менее 15 Вт и скорость перемещения луча лазера более 3000 мм/мин являются недостаточными для спекания порошкового материала. При мощности более 30 Вт и скорости менее 200 мм/мин происходило интенсивное окисление и возгорание порошка. Увеличение шага сканирования более 0,3 мм не позволяло единичным трекам спечься между собой, что препятствовало образованию единичного слоя. Увеличение температуры подогрева порошкового материала положительно сказывалось на прочности единичного слоя. Для порошкового материала ПМС-1 образцы получались при изменении мощности излучения лазера P от 15 до 30 Вт, скорости перемещения луча лазера V от 200 до 3000 мм/мин, шага сканирования S от 0,1 до 0,3 мм, температуры подогрева порошкового материала t с 26 до 200 °С. Для установления математической зависимости шероховатости спеченного слоя от технологических режимов спекания был поставлен четырехфакторный эксперимент. Уровни факторов и интервалы варьирования выбирались по результатам предварительных поисковых экспериментов. The resulting regression equation model was in the form of an expression as follows:

$$R_z = 356 + 15 \cdot P - 0.1 \cdot V - 0.057 \cdot t + 425 \cdot S \quad (1)$$

Зависимость шероховатости спеченного слоя от режимов спекания показана на рисунке 1.

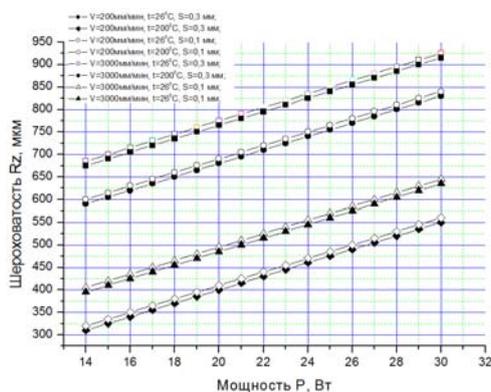


Рис. 1. Диаграмма влияния режимов спекания на шероховатость спеченной поверхности Rz .

Изменение мощности от 15 до 30 Вт приводит к увеличению шероховатости спеченного слоя Rz с 600 до 830 мкм, рисунок 2 и приводит к появлению деформаций и трещин. Таким образом, мощность луча лазера оказывает значительное влияние на шероховатость спеченной поверхности.



Рис. 2. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания:

- а – $P = 30 \text{ Вт}, V = 200 \text{ мм/мин}, t = 26^\circ\text{C}, s = 0.3 \text{ мм}$
 б – $P = 15 \text{ Вт}, V = 200 \text{ мм/мин}, t = 26^\circ\text{C}, s = 0.3 \text{ мм}$.

Увеличение скорости перемещения луча лазера с 3000 до 200 мм/мин приводит к увеличению шероховатости спеченной поверхности Rz с 320 до 600 мкм, рисунок 3.



Рис. 3. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания:

- а – $P = 15 \text{ Вт}, V = 3000 \text{ мм/мин}, t = 200^\circ\text{C}, s = 0.3 \text{ мм}$
 б – $P = 15 \text{ Вт}, V = 200 \text{ мм/мин}, t = 200^\circ\text{C}, s = 0.3 \text{ мм}$.

Увеличение шага сканирования с 0,1 до 0,3 мм, рисунок 4, приводит к увеличению шероховатости поверхности с 600 до 700 мкм, уменьшению размеров дефектов.



Рис. 4. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания:

- а – $P = 30 \text{ Вт}, V = 0.2 \text{ мм/мин}, t = 200^\circ\text{C}, s = 0.1 \text{ мм}$
 б – $P = 30 \text{ Вт}, V = 200 \text{ мм/мин}, t = 200^\circ\text{C}, s = 0.3 \text{ мм}$.

Температура подогрева порошкового материала имеет не значительное влияние на качество спеченного поверхностного слоя как мощность и скорость лазера. Подогрев порошкового материала способствует увеличению толщины спеченного слоя, уменьшению диаметра коагулированных частиц и шероховатости, улучшению прочностных характеристик.

Проводились эксперименты по влиянию защитного газа аргона, рисунок 5 и механоактивации порошка на качество спеченного поверхностного слоя. Спекание в аргоне показало улучшение прочностных характеристик поверхностного слоя без образования трещин. При сравнении образцов, полученных на режимах $P=30$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=200$ °С, спеченных в аргоне и на воздухе наблюдалось резкое изменение качества поверхностного слоя, прочности. Шероховатость изменяется с 750 до 115 мкм, толщина спеченного слоя изменяется незначительно с 1,0 до 0,915 мм. У образца, спеченного в аргоне, отсутствуют дефекты в виде продольных и поперечных трещин. Спекание в аргоне значительно улучшает качество поверхностного слоя, уменьшается шероховатость, отсутствуют дефекты.



Рис. 5. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания: $P=30$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=200$ °С, а – на воздухе; б – в аргоне

Для определения влияния механоактивации порошка на качество спеченного поверхностного слоя порошки подвергались механической обработке в течение одной и трех минут в центробежно-планетарной мельнице АГО-2. На рисунке 6 приведены сравнительные фотографии спеченного слоя медной порошковой композиции ПМС-1, полученные на разных режимах, порошка неактивированного и разной активации.

На рисунке 6 у спеченных образцов, полученных из механоактивированных порошковых материалов, шероховатость поверхности изменяется с 700 мкм у неактивированного до 426 мкм у спеченного порошка после трехминутной активации, при $P=15$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,3$ мм, $t=26$ °С.

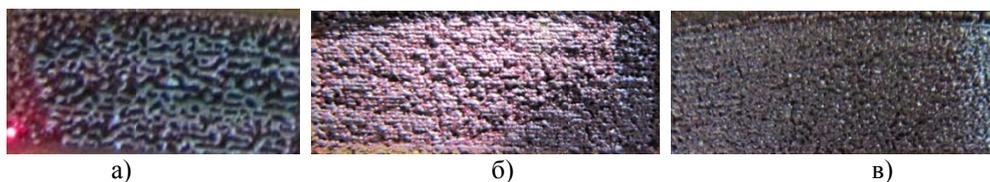


Рис. 6. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания $P=15$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,3$ мм, $t=26$ °С
а – неактивированный, б – после минутной активации, в – после трехминутной активации

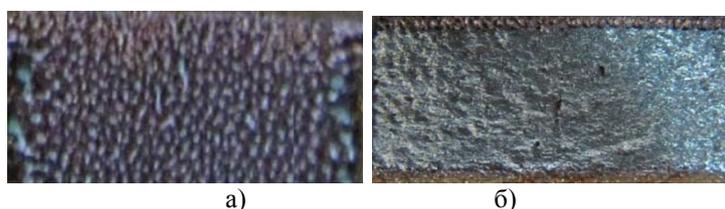


Рис. 7. Внешний вид спеченной поверхности ПМС-1 (x2), режимы спекания $P=15$ Вт, $V=200$ мм/мин, $S=0,1$ мм, $t=26$ °С
а – неактивированный, б – после минутной активации

Сравнение фотографий образцов наглядно показывает влияние механоактивации на качество поверхности: уменьшается коагуляция, шероховатость, образцы прочнее.

Проведенные исследования спеченного слоя из активированного и неактивированного порошкового материала показало, что предварительная механическая обработка оказывает влияние на про-

цесс спекания и приводит к улучшению качества поверхности: уменьшается диаметр коагулированных частиц, снижается шероховатость.

Сравнение графиков и результатов наблюдений за процессом спекания позволяют сделать вывод о том, что увеличение мощности приводит к вспучиванию поверхности, затем образовывается усадки и проплавление. Вероятно, в данном случае сказывается резкое увеличение теплопроводности модельного материала в момент плавления. Далее процесс стабилизируется, и увеличение мощности излучения не оказывает значительного влияния на толщину спекаемого слоя порошка.

Проведенные исследования показывают, что толщину спекенного поверхностного слоя и ее шероховатость Rz можно изменять в значительных пределах меняя технологические режимы лазерной обработки. Для получения спекенной поверхности разного качества предлагается разделить режимы формирования поверхности прототипа и его внутреннего объема на черновые, получистовые и чистовые, рисунок 8.

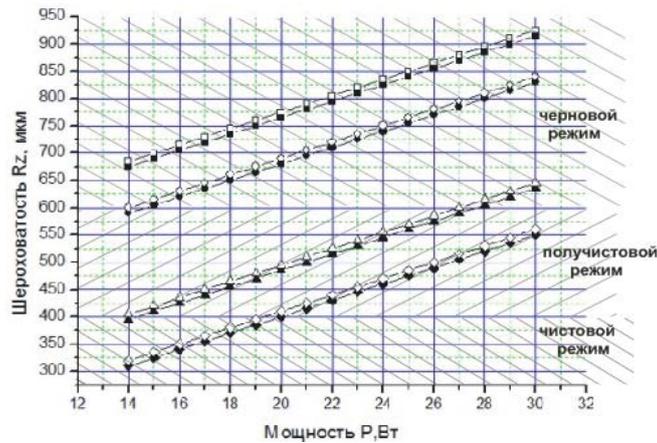


Рис. 8. Режимы спекания медного порошка

- V=200мм/мин, t=26 °C, S=0,3 мм; —■— V=200мм/мин, t=200 °C, S=0,3 мм;
- V=200мм/мин, t=26 °C, S=0,1 мм; —●— V=200мм/мин, t=200 °C, S=0,1 мм;
- △— V=300мм/мин, t=26 °C, S=0,3 мм; —▲— V=300мм/мин, t=200 °C, S=0,3 мм;
- ◇— V=300мм/мин, t=26 °C, S=0,1 мм; —◆— V=300мм/мин, t=200 °C, S=0,1 мм.

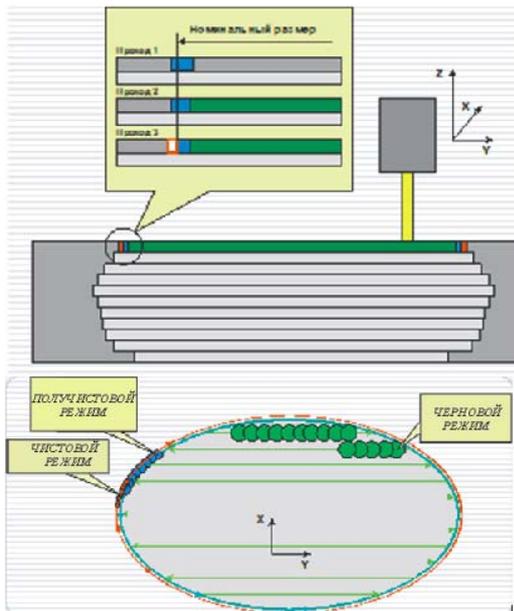


Рис. 9. Последовательность формирования единичного слоя

На черновых режимах, более производительных, необходимо формировать основной объем изделия, рисунок 9. Увеличение шероховатости поверхности (вспучивание) в данном случае играет положительную роль для прочного соединения слоев между собой. На получистовых режимах обработки производительность процесса послойного спекания снижается значительно, но при этом отпадает необходимость или значительно снижается трудоемкость дополнительной обработки поверхности прототипа для придания ей высоких точности и качества. Чистовая обработка может проводиться по необходимости. Режимы чистовой обработки можно назвать форсированными. Они включают в себя высокую плотность мощности излучения с коротким временем воздействия. В результате можно добиться, в зависимости от необходимости, процесса сублимации выступов микронеровностей поверхности или плакирования поверхности прототипа.

В результате проведенных экспериментов установлены рациональные области технологических

режимов послойного лазерного спекания медного порошка ПМС-1. Установлен характер влияния режимов лазерного спекания и получена математическая зависимость шероховатости спеченного поверхностного слоя от режимов спекания, позволяющий управлять процессом с целью получения качественного изделия. Показано положительное влияние защитной атмосферы и механоактивации порошковых материалов на качество спеченного поверхностного слоя. Направленное изменение свойств спеченного поверхностного слоя путем разделения режимов обработки на полустойкой для поверхности и черновой для основного объема приводит к повышению качества поверхности изделия.

Литература.

1. C.R. Deckard, J.J. Beaman, "Recent advances in selective laser sintering" // Proceedings of the 14th Conference on Production Research and Technology, Michigan, 1987. P. 447-451.
2. Polmear IJ. Light alloys: metallurgy of the light metals. 3rd ed. London: Arnold; 1995.
3. Cam G, Kodak M. Progress in joining of advanced materials. Int Mater Rev 1998;43:1-44.
4. Mondolfo LF. Aluminium alloys: structure and properties. London: Butterworths; 1976.
5. Bias CT. In: Olsen FO, editor. Hybrid laser-arc welding. Woodhead Publishing Ltd: CRC Press; 2009. p. 216-69.
6. Seyda V, Kaufmann N, Emmelmann C. Investigation of aging processes of Ti-6Al-4V powder material in laser melting. In: Physics procedia of the 7th international conference & exhibition on photonic technologies LANE, vol. 39, Fürth, Germany; 2012. p. 425-31
7. Niu HJ, Chang ITH. Selective laser sintering of gas atomized M2 high speed steel powder. J Mater Sci 2000;35:31-8.
8. Asgharzadeh H, Simchi A. Effect of sintering atmosphere and carbon content on the densification and microstructure of laser-sintered M2 high-speed steel powder. Mater Sci Eng A 2005;403(1-2):290-8.
9. Liu ZH, Zhang DQ, Sing SL, Chua CK, Loh LE. Interfacial characterization of SLM parts in multi-material processing: metallurgical diffusion between 316L stainless steel and C18400 copper alloy. Mater Charact 2014;94:116-25.
10. Saprykina N A, Saprykin A A, Matrunchik M S, Formation of Surface Layer of Cobalt Chrome Molybdenum Powder Products with Differentiation of Laser Sintering Modes, Applied Mechanics and Materials 682 2014 p 294-298
11. Saprykin A A, Saprykina N A, Dudikhin D V, Emelyanenko S M, Influence of layer-by-layer laser sintering modes on the thickness of sintered layer of cobalt-chromium-molybdenum powder, Advanced materials research 1040 2014 p 805-808
12. Saprykina N A, Saprykin A A, Borovikov I F, Sharkeev Y P, Influence of layer-by-layer laser sintering conditions on the quality of sintered surface layer of products, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 91 2015 012031

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ С НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРОЙ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ

А.А. Скотников, ассистент,

Новосибирский государственный технический университет

630073, Новосибирск, пр. К.Маркса, 20, тел. (383) 3460442

E-mail: slen@ngs.ru

Для реализации ударных технологий при обработке материалов давлением в машиностроении практическое применение нашли линейные электромагнитные машины различного принципа действия [1-5].

Среди класса электромагнитных машин, в качестве привода которых применяются линейные электромагнитные двигатели (ЛЭМД) следует выделить машины и устройства ударного действия с частотой хода бойка до 3000 ход/мин [6-11].

Результаты исследований, применения различных вариантов схем электромагнитных машин и устройств на основе ЛЭМД, подробно рассмотрены в работах [12, 13].

Обычно для этих целей используются электромеханические и пневматические ударные машины, для которых характерно наличие промежуточных преобразователей энергии, приводящих к дополнительным потерям, сложность в изготовлении, низкая долговечность, высокая квалификация обслуживающего персонала, повышенный уровень шума.

Создание машин и устройств с электромагнитным приводом, позволяет передавать ударные импульсы исполнительным устройствам непосредственно через возвратно-поступательное движение, минуя процесс преобразования вращательного движения через систему редукторов.

Основы рационального конструирования и методы расчета ЛЭМД по-прежнему остаются востребованными [14–17].

Особое внимание уделяется вопросам нагрева и охлаждения электромагнитных машин, повышению их удельных и силовых показателей, развитию динамических моделей и расширения возможностей динамического расчета [18–25].

По известным причинам работа электромагнитных машин в ударных режимах снижает ресурс работы и сдерживает общие тенденции их развития и применения для новых импульсных технологий.

В этой связи с целью повышения ресурса ЛЭМД ударного действия для случая работы без упора рабочего инструмента, предлагается заменить материал буксы, входящей в состав магнитной цепи, на более прочный материал, в ущерб его магнитным свойствам. В общем виде конструкция исследуемого линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД) представлена на рис. 1.

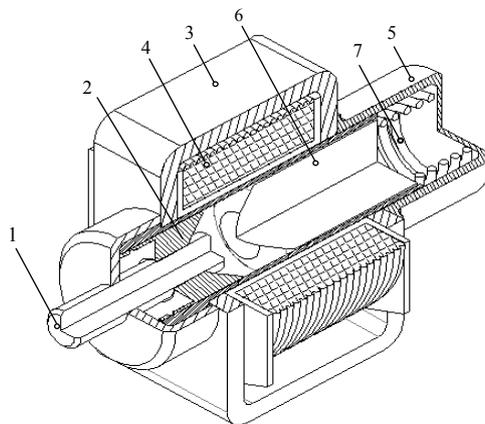


Рис. 1. Конструкция ЛЭМД с пружинным возвратом якоря

Конструкция (рис. 1) содержит рабочий инструмент 1, буксу 2, магнитопровод 3 с размещенной внутри катушкой 4, направляющую втулку 5, якорь 6 и возвратную пружину 7. Участок буксы 2, выступающий внутрь электромагнитной катушки 3, определяет высоту стопа h_c .

Работа ЛЭМД заключается в следующем. Начальное положение якоря 6 соответствует рисунку 1. В момент подачи импульса тока в катушку 4 якорь 6, под действием электромагнитных сил катушки начинает перемещение в сторону рабочего инструмента 1 и совершает удар по нему. Далее, якорь под действием механических сил пружины 7 (при отсутствии тока в катушке) возвращается в начальное положение. Далее рабочий цикл повторяется.

Один из недостатков такой конструкции заключается в том, что якорь 6 должен совершать удар по предварительно поджатому рабочему инструменту 1. В случае если это условие не выполняется, удар происходит по буксе 2 и ЛЭМД может выйти из строя. Поэтому, с целью увеличения надежности конструкции, предлагается изготавливать буксу 2 из стали, устойчивой к механическому воздействию.

Как известно, форма кривой намагничивания материала магнитопровода оказывает большое влияние на силовые характеристики ЛЭМД. Представляет определенный интерес, как изменится тяговая характеристика двигателя, при изготовлении части его магнитопровода из не магнитной стали. Отсюда, целью данного исследования является определение целесообразности использования такого конструктивного решения.

Из-за нелинейности кривых намагничивания материалов достаточно точный расчет силовой статической характеристики с учетом насыщения можно получить только с использованием численного моделирования магнитного поля. Известно, что для изготовления магнитопроводов электромагнитных двигателей используются низкоуглеродистые электротехнические стали, кремнистые электротехнические стали, качественные конструкционные сплавы с содержанием углерода менее 0,25% и др. Однако их использование для изготовления стопа ЛЭМД ударного действия ведет к снижению надежности двигателя. Поэтому для исследований были выбраны следующие марки сталей: качест-

венные конструкционные стали Ст.10 отожженная, Ст.20 отожженная, сталь низкоуглеродистая марки 10895(Э) отожженная и сталь листовая электротехническая холоднокатаная марки 3413.

В основу исследования была положена математическая модель, созданная в программном пакете FEMM в основе расчета которой положен метод конечных элементов [26, 27].

Относительные тяговые характеристики представлены на рис. 2. по отношению к тяговой характеристике для стали 10, принятой за ось с нулевым значением ΔF .

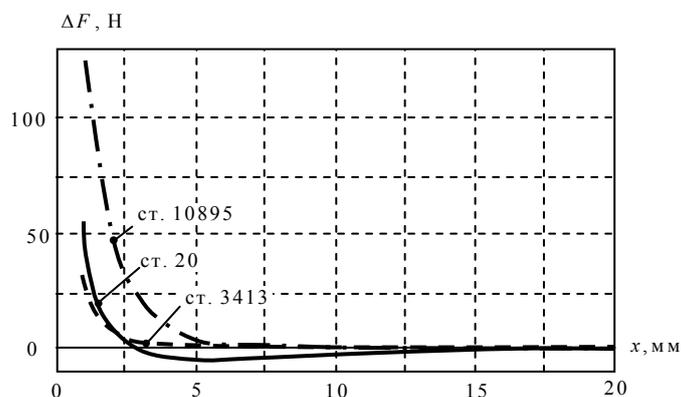


Рис. 2. Зависимость тягового усилия ЛЭМД с буксами из различных материалов

Как видно из графика, при рабочих зазорах менее 5 мм материал буксы существенно оказывает влияние на форму тяговой характеристики. При рабочем зазоре 1 мм максимальное изменение тяговой характеристики составило 17%. Однако на общую интегральную работу всей системы такое влияние не превышает 5%.

В результате исследования установлено, что материал полюса оказывает влияние на силовые характеристики двигателя, однако подбор стали для буксы с наилучшими магнитными свойствами будет оправдан в двигателях, отношение рабочего хода к радиусу якоря в которых не превышает значения $x/r_{\text{я}} \geq 0,8$.

В конструкциях с большим значением отношения $x/r_{\text{я}}$ целесообразно выбирать материал буксы с точки зрения лучших механических и стоимостных характеристик.

Литература.

1. Мошкин В.И., Нейман В.Ю., Угаров Г.Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
2. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. – 2003. – № 9. – С. 25–30.
3. Угаров Г.Г., Нейман В.Ю. Анализ показателей электромагнитных ударных машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1996. № 2. – С. 72–80.
4. Способы повышения энергетических показателей однообмоточных импульсных устройств с электромагнитным возбуждением / В.Ю. Нейман, Д.М. Евреинов, Л.А. Нейман, А.А. Скотников, Ю.Б. Смирнова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – № 8. – С. 29–31.
5. Аксютин В.А. Прессовое оборудование с линейным электромагнитным приводом для механизации технологических процессов ударной сборки и штамповки мелких изделий / В.А. Аксютин, Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, А.А. Скотников // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 220–224.
6. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – №1. – С. 256–259.
7. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Исследование двухкатушечной синхронной электромагнитной машины с инерционным реверсом бойка // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 109–110.
8. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 48–52.
9. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.

10. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Новые конструктивные решения проблемы точной синхронизации возвратно-поступательного движения бойка неуправляемой электромагнитной машины ударного действия // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 280–285.
11. Нейман В.Ю., Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем принудительного охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т. 8. – № 2. – С. 166–175.
12. Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
13. Нейман В.Ю. К вопросу о рационализации рабочих процессов и выбора конструктивных схем электромагнитных ударных машин // Автоматизированные электромеханические системы: Коллективная монография / Новосиб. гос. техн. ун-т; Под ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 155–169.
14. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
15. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Повышение точности аналитического расчета радиальных сил одностороннего магнитного притяжения некоаксиальных элементов магнитопровода // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (58). – С. 246–256.
16. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Применение метода проводимостей для учета силы одностороннего магнитного притяжения асимметричного электромагнита // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 2 (97). – С. 214–218.
17. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Влияние соотношений главных размеров электромагнитов на значения конструктивного фактора и показателя экономичности // Автоматизированные электромеханические системы: [сб. науч. тр.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 177–187.
18. Нейман В.Ю. Режимы форсированного аккумулирования магнитной энергии в импульсных линейных электромагнитных двигателях // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2003. – № 1. – С. 105–112.
19. Нейман В.Ю., Петрова А.А. Сравнение способов форсировки импульсных линейных электромагнитных двигателей // Электротехника. – 2007. – № 9. – С. 47а–50.
20. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель электромеханической системы колебательного движения с упругими связями // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 6. – С. 35–40.
21. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Моделирование динамических процессов в электромагнитных преобразователях энергии для систем генерирования силовых воздействий и низкочастотных вибраций // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 4. – С. 154–162.
22. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Динамическая модель электромагнитного привода колебательного движения для систем генерирования низкочастотных вибраций // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2015. – № 3(28). – С. 75–87.
23. Нейман Л.А., Скотников А.А., Нейман В.Ю. Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
24. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
25. Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Шабанов А.С. Упрощенный расчет электромагнитного ударного привода в повторно-кратковременном режиме работы // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 50–53.
26. Петрова А.А., Нейман В.Ю. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
27. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Расчет показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 6. – С. 21–24.

**АНТИФРИКЦИОННЫЕ И ИЗНОСОСТОЙКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОДЕТОНАЦИОННЫХ
ПОКРЫТИЙ ИЗ АЛЮМОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА
ПОРШНЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*А. В. Собачкин, магистрант, В. И. Яковлев, канд. техн. наук, доцент, А. П. Свиридов, аспирант
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел. 8 (3852) 290815
E-mail: anicpt@rambler.ru*

Введение

Надежность и долговечность автомобильного и других видов транспорта во многом обусловлены явлениями трения и изнашивания, происходящими в узлах машин. Изнашивание приводит к нарушению герметичности узлов, теряется точность взаимного расположения деталей и перемещений. Возникают заклинивания, удары, вибрации, приводящие к поломкам. В частности, поршень двигателя внутреннего сгорания – одна из ответственных деталей, требования к качеству которой ужесточаются ввиду необходимости форсирования ДВС. Во время работы двигателя на поршень действуют высокие механические и тепловые нагрузки, например, перезагрузка достигает значений в 1500-2000g, а рабочая температура составляет 1800-2600 °С. Поэтому, условия работы материала поршня можно определить как очень сложные [1].

В последние годы на юбку поршней стали наносить покрытие типа Grafal, которое представляет собой графит со специальным наполнителем, обеспечивающим прочное сцепление со стенкой юбки [2]. Подобное покрытие существенно влияет на износостойкость поршня, однако имеет целый ряд недостатков, таких как задиры юбки на нерасчетных режимах, например при запуске и прогреве, когда условия смазки ухудшены.

Устранить недостатки применяемых материалов позволяет использование композиционных материалов с металлической матрицей, упрочненной высокомолекулярными армирующими частицами [3, 4]. Наибольшее распространение получили алюмоматричные композиционные материалы, упрочненные частицами оксидов, карбидов, нитридов, волокнами графита, бора и т.п. [5, 6]

В данной работе исследуются возможности повышения износостойкости и управления трением за счет применения новых материалов покрытий на юбке поршня ДВС. **Цель** данной работы заключается в определении некоторых триботехнических характеристик поршня дизельного двигателя с нанесенным газодетонационным методом покрытием из алюмоматричного композита.

Методика экспериментального исследования

В качестве материала для детонационного напыления были выбраны порошковые композиционные материалы, состоящие из алюминиевой матрицы и распределенными в ней наноразмерными частицами по типу углеродных наноструктур [7]. Применение подобных материалов обусловлено разработкой технологии детонационно-газового напыления антифрикционных покрытий поршня двигателя внутреннего сгорания. Напыление проводилось двумя составами:

- 1) 70% Al + 30% C + В₄С;
- 2) 70% Al + 30% УДА + В₄С.

Исследование износостойкости и антифрикционных свойств полученных покрытий проводилось в условиях трения пары диск-колодка на триботехническом комплексе. В основе комплекса лежит машина для испытания материалов на трение 2168 УМТ, оснащенная компьютером с программным обеспечением, позволяющим управлять машиной трения. Она предназначена для испытания фрикционных и смазочных материалов на трение и износ в широком диапазоне нагрузок, скоростей и схем испытаний.

Испытания производились по схеме «диск-колодка» при вращательном движении в режиме сухого трения. Для испытания колодка устанавливается в корпус, а диск на оправку.

Проводилась 2 серии эксперимента: в первом случае, на колодку из сплава АК21М2,5Н2,5 происходило напыление покрытий, а материал диска – сталь 40. Во второй серии колодки и диска менялись.

Условия испытания на задиры заключались в предварительной приработке покрытия при скорости 0,9 м/с и нагрузке 1,47 МПа с последующим ступенчатым нагружением вплоть до резкого увеличения силы и момента трения. Условия испытания были следующими: скорость составляла 0,9 м/с; нагрузка 6,37...7,35 МПа; время испытания 6 часов.

Результаты и обсуждение

Нагрузить диски с покрытиями до задира при выбранном режиме смазки (20 капель масла M12B в минуту), обеспечивающем граничное трение, не удалось вплоть до нагрузки 9,8 МПа, в то время как на ролике из поршневого сплава АК21М2,5Н2,5 начинают появляться следы задира при 4,41...4,9 МПа, а при 6,86 МПа наступает схватывание со шлифованной поверхностью колодки.

Зависимость коэффициента установившегося трения покрытий от нагрузки показана на рисунке. 1. Видно, что при нагрузке свыше 7,85 МПа появились локальные очаги схватывания покрытия состава № 2, однако до 9,81 МПа явления задира не наблюдалось.

Коэффициент трения покрытия состава № 2 при нагрузках 2,94...6,86 МПа не превышает 0,03, а минимальное значение коэффициента (0,02) достигается при 5,88 МПа. Для покрытия состава № 1 коэффициент трения до нагрузки 8,83 МПа не превышает 0,025, а минимальное значение – 0,015 в широком интервале нагрузок от 4,9 до 6,86 МПа.

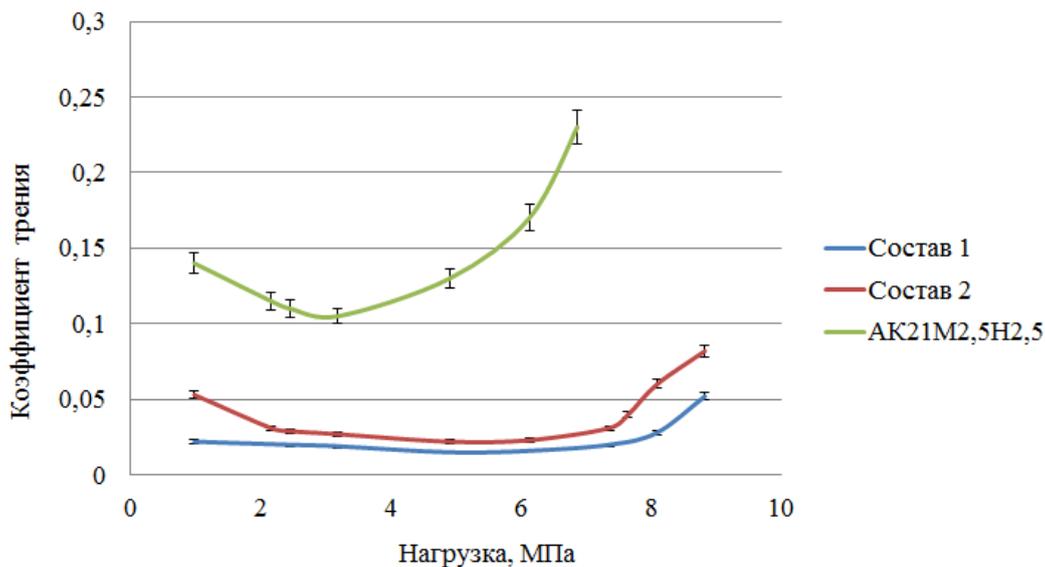


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения покрытий от нагрузки:
Состав 1 – 70% Al + 30% C + В₄С;
Состав 2 – 70% Al + 30% УДА + В₄С.

Испытания на износ проведены в условиях, показанных в таблице 1. Здесь же даны для сравнения результаты испытания АК21М2,5Н2,5.

Таблица 1

Параметры и результаты трения и износа

Материал диска/покрытия	Условия испытания на износ			Момент трения, Н·м	Коэффициент трения	Нагрузка задира, МПа	Относительная износостойкость, %
	Скорость, м/с	Нагрузка, МПа	Время, ч				
70% Al + 30% C + В ₄ С	0,9	7,35	6	0,59	0,018	>9,81	95
70% Al + 30% УДА + В ₄ С		7,35		2,65	0,035	>9,81	93
АК21М2,5Н2,5		5,37		4,71	0,06	6,96	80

Износостойкость измеряли по потере массы трущихся тел: относительную износостойкость брали как отношение уменьшения массы образца после испытания к первоначальной массе этого же образца и выразили в процентах.

Из приведенных в таблице данных видно, что износостойкость и антифрикционные свойства образцов с покрытиями намного превосходят свойства стандартного алюминиевого поршневого сплава.

Таким образом, исследования газодетонационных покрытий на основе алюмоматричного композиционного материала, напыленных на алюминиевые поршневые сплавы, показали, что комплекс физико-механических свойств покрытий обеспечивает возможность их использования в качестве антифрикционных и износостойких на поршнях дизелей.

Выводы

1. Проведено исследование коэффициента трения покрытий на основе алюмоматричного композиционного материала. Установлено, что минимальное значение коэффициент трения покрытия состава № 1 (70% Al + 30% C + B4C) составляет 0,015 в широком интервале нагрузок от 4,9 до 6,86 МПа. Коэффициент трения покрытия состава № 2 (70% Al + 30% УДА + B4C) достигает своего минимального значения, равного 0,02, при 5,88 МПа.

2. Износостойкость и антифрикционные свойства образцов с покрытиями намного превосходят свойства стандартного алюминиевого поршневого сплава.

Литература.

1. Лобанов В.К., Чуйкова Е.В. Выбор технологии изготовления поршней ДВС / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2007. № 12. С. 10-12.
2. Хрулев А. Современные поршни // Автомобиль и сервис. 2007. № 11. С. 21-23.
3. Т. А. Чернышова и др. Литые дисперсно-упрочненные алюмоматричные композиционные материалы: изготовление, свойства, применение : монография / Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2012. 296 с.
4. Yakovlev V. I., Sobachkin A. V., Sitnikov A. A. Application of Self-Propagating High-Temperature Synthesis and Mechanoactivating Treatment for Producing Multi-Component Composite Alloying Materials // Applied Mechanics and Materials. 2013. Vol. 379. P. 173–177.
5. Wu Sh., You Ya., An P., Kanno T., Nakae H. Effect of modification and ceramic particles on solidification behavior of aluminum-matrix composites // Journal of Materials Science. 2002. T. 37. № 9. P. 1855-1860.
6. Son S., Dutro G.M., Zaseck K.M., Vandewalle D.J., Reeves R.V. Combustion modes of nanoscale energetic composites // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion. 2009. T. 8. № 4. P. 309-319.
7. Особенности формирования покрытий из алюмоматричного углеродсодержащего композиционного материала при газодетонационном напылении / А.В. Собачкин, В.И. Яковлев, А.А. Ситников, М.В. Логинова, С.Г. Иванов, А.П. Свиридов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2015. Т. 12. №4. С. 444-449.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА ХЛОРАТА НАТРИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ

Э.Г. Соболева, к.ф. - м.н., доц., А.Л. Игишева, ст. гр. 10730, В.В. Литвиненко, ст. гр. 10730

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 77762

E-mail: sobolevaeno@mail.ru

Свойства галогенатов натрия изучались и продолжают изучаться практически всеми доступными на современном этапе развития науки методами. Данный объект среди галогенатов натрия демонстрирует наиболее широкую палитру практически важных свойств (от пестицида в виде порошка до нового перспективного лазерного кристалла), завуалированную схему поведения в твердом состоянии при внешних воздействиях, удобную модель для изучения динамики кристаллической решетки в условиях одновременного реального и существенного сочетания разных типов химических связей [1, 2].

Целью настоящего исследования является изучение термодинамических свойств кристалла NaClO_3 в высокотемпературном интервале.

Монокристалл хлората натрия был выращен из водных растворов по методу пересыщения спонтанной кристаллизацией. Монокристаллы NaClO_3 были огранены, в основном, плоскостями куба $\langle 100 \rangle$, но некоторые из них обладали более сложным габитусом, включающем плоскости $\langle 110 \rangle$, $\langle 120 \rangle$ и $\langle 111 \rangle$.

Как известно, теплоемкость – одна из важнейших теплофизических (термодинамических) характеристик вещества. Применение теплоемкости для термодинамических расчетов тепловых эффек-

тов химических реакций, тепловых балансов химико-технологических процессов, энтропии, химического равновесия, исследования строения вещества, механизма взаимодействия веществ и т. д. не исчерпывает ее значения. В настоящее время известны точные методы определения теплоемкости в широком интервале температур.

В нашей работе молярная теплоёмкость хлората натрия при постоянном давлении была получена с помощью измерителя теплоемкости ИТ-С-400 в интервале 298-520 К [1, 3]. Соответствующая температура и методика измерений описаны в [1], погрешность определения величины теплоемкости не превышала 10 %.

Известно ограниченное число работ, посвященных теплопроводности кристаллов галогенатов натрия. Транспортную характеристику вещества по передаче тепла – теплопроводность – удобнее всего описывать на языке рассеяния фононов на других фононах, статических несовершенствах решетки или на электронах. В неметаллических кристаллах большая часть теплового потока переносится колебаниями решетки (фононами); лишь при самых высоких температурах преобладающим процессом может стать передача энергии фотонами. Выражение для теплопроводности в рамках кинетической теории газов для простейшего случая, когда все частицы имеют одинаковые скорости (что справедливо для фононов при температурах ниже температуры Дебая), записывается в виде [1]:

$$\lambda_{\ell} = \frac{1}{3} c_v v_{\phi} \Lambda, \quad (1)$$

где c_v – теплоемкость решетки для единицы объема, которая является мерой плотности фононов, v_{ϕ} – скорость фононов (скорость звука), Λ – средняя длина свободного пробега фононов.

При комнатных температурах теплопроводность несколько возрастает с увеличением давления, как показано на рис.1.

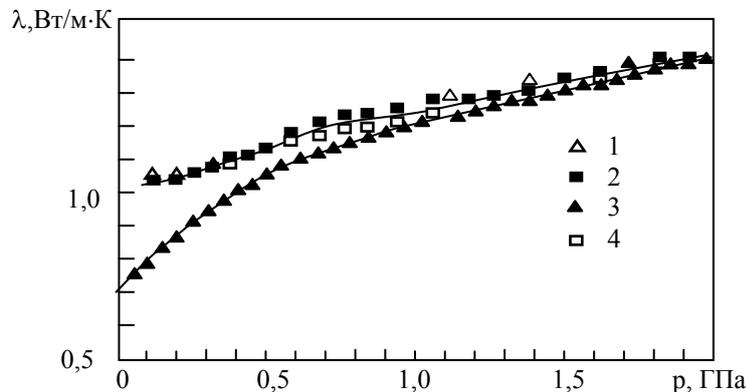


Рис. 1. Теплопроводность NaClO_3 в зависимости от давления ($T = 295 \text{ К}$): 1 – первое увеличение давления от нуля; 2 – первое снижение давления (2 - 0,1) ГПа; 3 – второе увеличение давления (0,1 - 2) ГПа; 4 – второе снижение давления (2 - 0,1) ГПа [1, 4]

Изотермическая зависимость теплопроводности хлората натрия может быть представлена следующим образом (λ в Вт/м·К) [1, 4]:

$$\ln \lambda = A + Bp + Cp^2, \quad (2)$$

где	A	B	C	T, К	p, ГПа
	$1,4547 \cdot 10^{-2}$	$2,2176 \cdot 10^{-1}$	$-3,2391 \cdot 10^{-2}$	295	0,2 – 2,0
	0,836	0,294	-0,112	132	0,2 – 0,8

Путем сравнения полученных результатов по теплоемкости с дебаевскими значениями C_v (θ_D/T) [5, 6] была рассчитана температурная зависимость характеристической температуры θ_D (Т). Температура Дебая $\theta_D(T)$ является очень важным параметром, характеризующим фононный спектр кристалла. Расчет проведен в предположении о незначительности различий C_p и C_v .

Температурные зависимости изменения энтропии и энтальпии определены соответственно по формулам [7]:

$$\Delta S(T) = S(T) - S(300 \text{ K}) = \int_{300}^T \frac{C_p(T)}{T} dT, \quad (3)$$

$$\Delta H(T) = H(T) - H(300 \text{ K}) = \int_{300}^T C_p(T) dT. \quad (4)$$

Для определения изменения энергии Гиббса при нагреве от температуры T_1 до температуры T_2 воспользовались уравнением [7]:

$$G_{T_2}^0 - G_{T_1}^0 = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT - (T_2 - T_1) \cdot S_{T_1}^0 - T_2 \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT, \quad (5)$$

где стандартная энтропия для NaClO_3 $S_{298}^0 = 129,7$ Дж/(моль·К).

Результаты расчетов $\theta_D(T)$, $\Delta S(T)$, $\Delta H(T)$ и $\Delta G(T)$ и приведены в таблице 1.

Таким образом, в результате экспериментального исследования определены температурные зависимости основных теплофизических характеристик кристалла NaClO_3 .

Таблица 1

Сглаженные значения теплоемкости, характеристической температуры Дебая, изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса кристалла NaClO_3

T, K	C_p , Дж/(моль·К)	θ_D , K	ΔS , Дж/(моль·К)	ΔH , кДж/(моль·К)	ΔG , Дж/(моль·К)
298	99,69	323,0	-	-	-
300	100,04	322,3	0,67	0,20	-260
320	103,70	319,5	7,26	2,24	-2936
340	107,61	316,6	13,68	4,36	-5740
360	111,87	313,2	19,99	6,56	-8678
380	116,59	309,6	26,23	8,85	-11751
400	121,87	305,4	32,43	11,24	-14961
420	127,81	300,4	38,64	13,74	-18312
440	134,52	294,8	44,91	16,37	-21808
460	142,10	287,0	51,28	19,14	-25462
480	150,65	273,9	57,81	22,07	-29283
500	160,27	260,6	64,52	25,19	-33271
520	171,08	241,0	71,48	28,51	-37456

Литература.

1. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Акустические, упругие и неупругие свойства кристаллов галогенатов натрия.- Томск: Изд. ТПУ, 2009. - 276 с.
2. Мэзон У. Пьезоэлектрические кристаллы и их применение в ультразвуке.- М.: Изд-во иностр. литературы, 1952. – 447 с.
3. Литвиненко В. В. , Соболева Э. Г. Определение термодинамических параметров хлората натрия в диапазоне температур 298-520 К // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 4-5 Июня 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 78-80.
4. Fransson Eke, Ross R.G. Thermal conductivity, heat capacity and phase stability of solid chlorate (NaClO_3) under pressure. // J. Phys. C: Solid State Phys. 1983. V. 16. №15. P. 2861 – 2869.
5. Debye P., Zur Theorie der spezifischen Warmen, "Ann. Phys.", 1912, Bd 30, S. 789.
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц Статистическая физика, Наука, Москва, 1964, 567 с.
7. Семиохин И.А. Физическая химия: Учебник. Изд-во МГУ, 2001. 272 с.

НОМЕНКЛАТУРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЗНАКОВ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ СО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ КАК ОСНОВА ПЛАНИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ ИХ КАЧЕСТВА

*Ю.А. Темпель, магистрант, О.А. Темпель, магистрант
Тюменский государственный нефтегазовый университет
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38
E-mail: Tempeljulia@mail.ru*

Качество продукции во многом определяет конкурентоспособность предприятий машиностроительной отрасли как на отечественном, так и на мировом рынках. В связи с этим, действия, осуществляемые при создании и эксплуатации продукции, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества [1], то есть управление качеством, являются одним из приоритетных направлений деятельности любой организации. В рамках этого направления активно внедряются системы менеджмента качества в соответствии с международным стандартом ИСО 9001, включающие в себя совокупность управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих с помощью материально-технических и информационных средств [1], которые, главным образом, ориентированы на повышение эффективности и результативности предприятия в целом, улучшения качества выпускаемых изделий, и, как следствие, обеспечения удовлетворенности потребителей.

В настоящее время на машиностроительных предприятиях для повышения производительности и обеспечения гибкости производства наблюдается тенденция комплексной автоматизации процессов металлообработки. Одним из важнейших элементов такой системы, от которого, в большей степени, зависит качество обрабатываемой поверхности является применяемый режущий инструмент, который должен обладать высокой надежностью при работе с интенсивными режимами резания; быстрой переналаживаемостью; максимальной унификацией и взаимозаменяемостью элементов.

Всем вышеперечисленным требованиям соответствует сборный режущий инструмент (РИ) со сменными многогранными твердосплавными пластинами (СМП), использование которого характеризуется следующими преимуществами:

- значительным увеличением срока службы срежня резца;
- максимальной унификацией и взаимозаменяемостью составных элементов;
- исключением из производственных процессов вспомогательных операций, связанных с переточкой и заменой режущего инструмента;
- возможностью повышения режимов обработки при сохранении качества обрабатываемой поверхности за счет использования пластин с износостойким покрытием;
- снижением сил и температур резания, что позволяет повысить стойкость РИ, или увеличить скорость резания и значительно снизить шероховатость обрабатываемой поверхности.

Кроме того, опыт внедрения отечественных резцов с СМП по сравнению с напайным инструментом свидетельствует о таких преимуществах, как повышение стойкости пластин на 25-30%, уменьшение расхода твердого сплава в 2 раза, уменьшение суммарных затрат на изготовление инструмента в 3-4 раза и повышение производительности труда на 20-25% [2].

Для анализа и планирования уровня качества и повышения эксплуатационных свойств рассматриваемой группы РИ, от которых зависит качество обрабатываемой поверхности, необходимо знать совокупность признаков сборного режущего инструмента, влияющих на его работоспособность и эффективность применения.

С учетом всего выше сказанного и практики инструментальных служб машиностроительных организаций, которая свидетельствует о том, что наибольшее число применяемых на предприятиях РИ составляют токарные резцы [3], предметом исследования являются сборные резцы со сменными многогранными твердосплавными пластинами.

Цель исследования – обзор литературы и определение номенклатуры основных признаков и показателей качества сборных резцов с СМП в рамках управления качеством.

Под качеством продукта понимается совокупность его свойств, то есть объективных особенностей, которые могут проявляться при его создании и эксплуатации, обуславливающих пригодность продукта удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением.

В соответствии с ГОСТ 15467-79, который регламентирует основные показатели качества, а также методы их определения и оценки, каждый продукт имеет свой признак, заключающийся в качественной и количественной характеристике любых его свойств или состояний.

Обзор стандартов [1,4,5,6,7,8] и работ научных исследований в области качества РИ с СМП [2,3,9,10,11,12] позволил определить признаки предмета исследования, классификация которых представлена на рисунке 1.

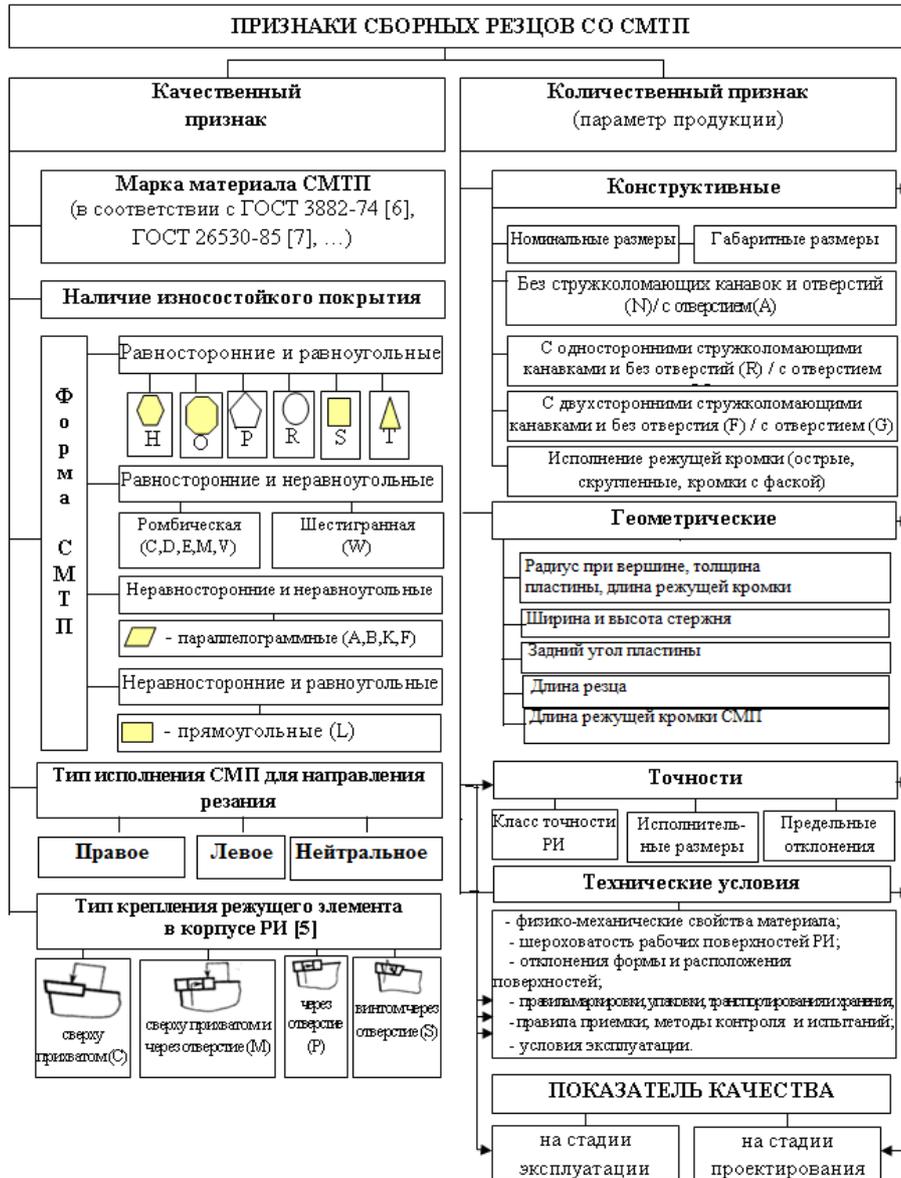


Рис. 1. Классификация признаков сборных резцов со СМП

В соответствии с приведенной на рисунке 1 классификацией, сборные резцы токарной группы с СМП обладают как качественными, так и количественными признаками, к качественным из которых относятся следующие:

- материал державки и СМП. Выбор марки сплава пластин зависит, главным образом, от обрабатываемого материала, вида обработки, типа операции (черновая, получистовая, чистовая), режимов резания, характеристик оборудования.

- наличие износостойкого покрытия. Стойкость твердосплавных пластин с покрытием в среднем в 1,5-3 раза выше стойкости обычных пластин, скорость резания ими может быть увеличена на 25-80%.

- форма СМП и тип для направления резания. ГОСТ 19042-80 [4] предусматривает четыре группы форм пластин, каждая из которых включает в себя определенные виды. Данный стандарт также регламентирует тип СМП для направления резания: правое, левое и нейтральное.

- способ крепления СМП в державке. Способ крепления СМП в стержне резца регламентирует ГОСТ 26476-85 [5], который предусматривает четыре вида крепления.

В соответствии с работами [2,10] на выбор формы и типа СМП, а также способа крепления ее в державке влияют следующие основные факторы: форма обрабатываемой детали, вид и технологические параметры обработки, среди которых точность и шероховатость, а также прочностные характеристики пластин.

Количественные признаки являются параметрами рассматриваемого РИ, то есть признаками продукта, количественно характеризующими любые его свойства [1], к которым в частности относятся:

- конструктивные параметры, включающие в себя номинальные и габаритные размеры, исполнение режущей кромки и другие особенности конструкции режущего инструмента.

- параметры точности, включающие классы точности, исполнительные размеры и предельные отклонения.

- технические условия, представленные широким спектром параметров, в частности: физико-механическими свойствами материала; шероховатостью рабочих поверхностей РИ; отклонением формы и расположения поверхностей; правилами маркировки, упаковки, транспортирования и хранения; правилами приемки; методами контроля и испытаний; условиями эксплуатации.

- геометрические, включающие задний угол пластины, радиус при вершине, толщину пластины, длину режущей кромки, ширину и высоту стержня, длину резца, длину режущей кромки СМП в зависимости от ее формы.

- другие.

Частным случаем параметра продукции является показатель качества – количественная характеристика одного или нескольких свойств, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации.

Показатель качества РИ с СМП, выражающий его параметр, то есть количественную оценку, можно классифицировать по важности в зависимости от стадии жизненного цикла изделия на показатели на этапе проектирования РИ, к которым относятся конструктивные, геометрические, параметры тонности и технические условия, и показатели на этапе эксплуатации РИ, в данную группу можно отнести правила маркировки, упаковки, транспортирования и хранения; правила приемки; методы контроля и испытаний; условия эксплуатации (оптимальные режимы резания).

Кроме того, анализ основных подходов к определению понятия «качество» доказывает его многогранность, поскольку оно включает в себя несколько аспектов и рассматривается как свойство продукции и соответствие назначению со стороны оценки его уровня потребителем, как соответствию стоимости при стоимостном подходе определения понятия, и как соответствие установленным требованиям при оценке его уровня со стороны поставщика.

Каждая из рассмотренных компонент данного понятия включает в себя определенные показатели, оценка которых позволяет определить уровень качества продукции, выделить наиболее проблемные места деятельности предприятия и определить приоритетные направления их устранения, позволяющие повысить его общую эффективность и результативность.

Поэтому в связи с выше сказанным, целесообразно все показатели качества применительно к РИ с СМП условно подразделять на потребительские и показатели качества с точки зрения производителя.

Также их классификация регламентирована по ГОСТ 15467-79, которым определены единичные, комплексные, определяющие и интегральные показатели, главным образом, отражающие определенные свойства продукции.

На основании выше представленного, была определена совокупность показателей качества сборных резцов с СМП, которые были классифицированы на комплексные, включающими в себя девять параметров продукта, подразделенные в свою очередь на единичные показатели, определяющие и интегральные (см. рис. 2).

К основным показателям можно отнести шероховатость основных поверхностей инструмента, допуски формы и взаимного расположения поверхностей; установленная наработка до отказа; средняя наработка до отказа; полный период стойкости; установленный и средний ресурс; режущая способность; разрушающая нагрузка; удельная производительность, которые характеризуют такие свойства РИ, как техническое совершенство, точность изготовления, безотказность и долговечность.

Такие показатели как производительность, средний период стойкости и безотказность в соответствии с исследованиями [9,12] относятся к потребительским требованиям и наибольшим образом влияют на выбор инструмента, последние два показателя из которых относятся к комплексному по-

казателю – надежность. Кроме того, согласно [12] на надежность существенно влияют геометрические характеристики, схемы базирования и крепления, а на производительность такие параметры как глубина, подача и скорость (режимы резания), существенно зависящие от физико-механических характеристик инструментальных материалов и геометрии инструмента.

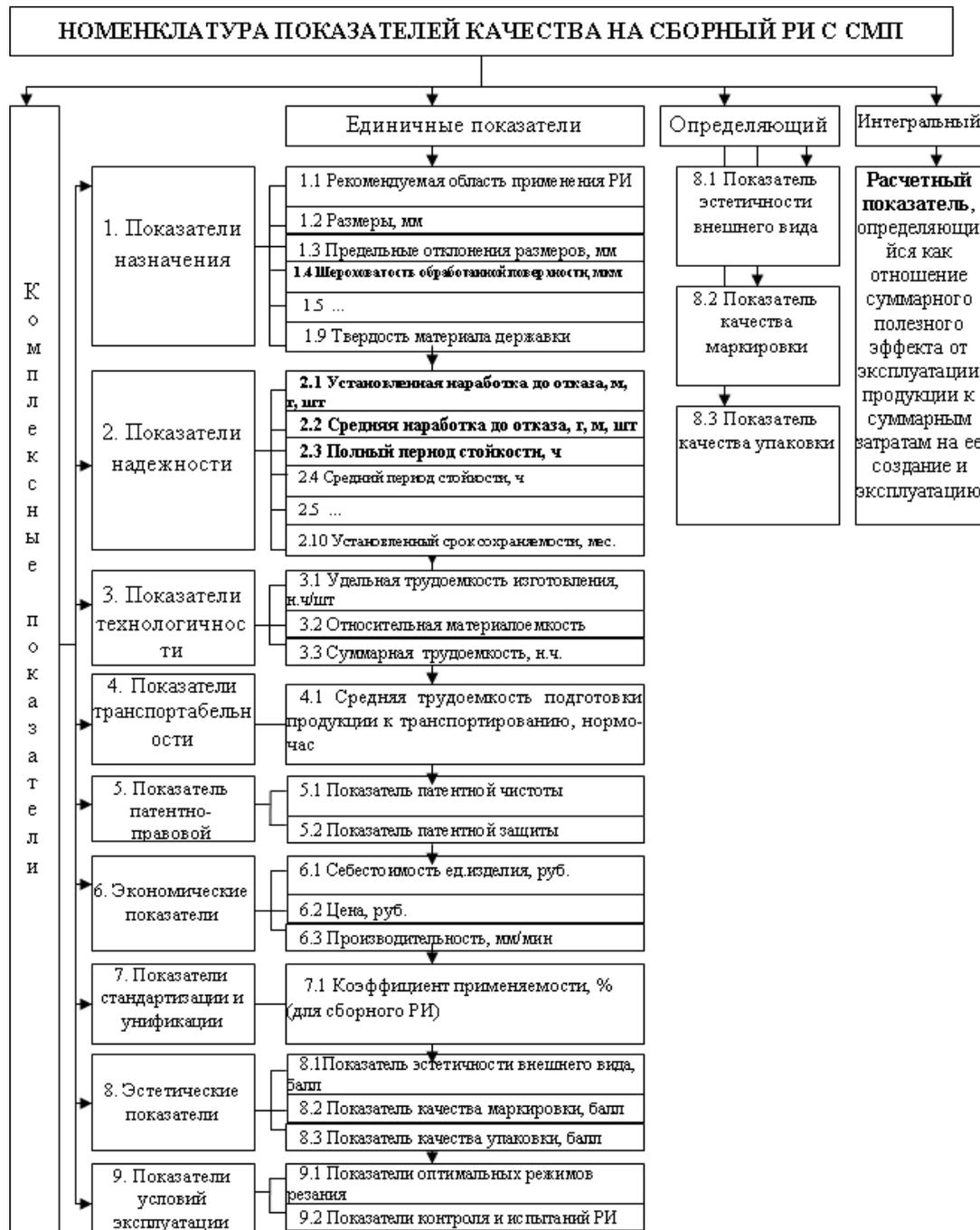


Рис. 2. Классификация показателей качества сборных резцов с СМП

Таким образом, литературный обзор позволил выявить номенклатурный перечень признаков сборных резцов с СМП, количественные из которых, как показатели качества были классифицированы в зависимости от подходов к понятию «качество» и важности на стадиях проектирования, производства и эксплуатации, а также в соответствии со стандартом ГОСТ 15467-79. При необходимости он может дополняться и уточняться показателями, более полно отражающими особенность и оригинальность отдельных видов сборных резцов токарной группы с СМП.

При исследовании было выделено девять комплексных показателей, каждый из которых характеризует совокупность определенных свойств режущего инструмента. Например, показатели назначения характеризуют способность РИ выполнять его основные функции при заданных условиях. Показатели надежности, определяют свойства безотказности, долговечности и сохраняемости РИ. Показатели технологичности характеризуют свойства режущего инструмента, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации инструмента. Наиболее важную роль для потребителя играют производительность, как один из экономических показателей, а также средний период стойкости и безотказность, как показатели надежности инструмента.

Все выявленные признаки рассматриваемого продукта, непосредственно, должны учитываться при планировании уровня его качества, обеспечении в процессе его изготовления, поскольку влияют на эксплуатационные характеристики и, как следствие, на удовлетворенность потребителей. А также полученные результаты могут быть применимы при оценке заданного уровня качества на предприятиях – производителей машиностроительной отрасли, либо на предприятиях – приобретателей при приемке продукта и его эксплуатации, поскольку важнейшим этапом оценки является обоснование совокупности свойств, составляющих качество инструмента, выбор единичных показателей этих свойств и разработка комплексных показателей.

Кроме того, приведенная номенклатура может быть включена в технические задания на научно-исследовательские работы по определению перспектив развития этой продукции, а также в разрабатываемые и пересматриваемые стандарты, карты технического уровня и качества продукции.

В связи с выше сказанным, решающую роль в управлении качеством сборного РИ с СМП, в рамках планирования и оценки уровня его качества играет номенклатурный перечень параметров продукта, позволяющий определить пути новых технических решений или повышения качества имеющихся, при этом достигаемая максимальной эффективности использования сборного режущего инструмента.

Литература.

1. ГОСТ 15467-79. Управление качеством. Основные понятия. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 15467-70, ГОСТ 16431-70, ГОСТ 17102-71, ГОСТ 17341-71; введ. 1979-07-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1981. – 33 с.
2. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов / Е. В. Артамонов, Т. Е. Помигалова, М. Х. Утешев; ред. М. Х. Утешев; ТюмГНГУ. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. - 152 с.
3. Сидуленко О.А., Остапенко М.С., Василега Д.С. Квалиметрическая оценка качества металлорежущего инструмента [Электронный ресурс] / О.А. Сидуленко, М.С. Остапенко, Д.С. Василега //Известия Томского политехнического университета. – 2011. – №2. – Режим доступа: <http://www.elibrari.ru>.
4. ГОСТ 19042-80. Пластины сменные многогранные. Классификация. Система обозначений. Формы. – введ. 1982-01-01. – Москва: Стандртинформ, 2006. – 21 с.
5. ГОСТ 26476-85. Резцы токарные и резцы-вставки с механическим креплением режущих сменных многогранных пластин. – введ. 1986-07-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1988. – 15 с.
6. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – введ. 1976-07-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 15 с.
7. ГОСТ 26530-85. Сплавы твердые спеченные безвольфрамовые. Марки. – введ. 1986-07-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 18 с.
8. ГОСТ 4.442-86. Система показателей качества продукции. Инструмент метало-и дереворежущий лезвийный. Номенклатура показателей. – введ. 1986-27-06. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 12 с.
9. Ивченко Т.Г. Комплексный подход к оцениванию и оптимизации показателей качества сборного режущего инструмента [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://masters.donntu.org>.
10. Артамонов Е.В. Механика разрушения и прочность сменных режущих пластин из твердых сплавов: монография / Е. В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, А.М. Тверяков; ред. М. Х. Утешев ; ТюмГНГУ. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. - 147 с.
11. Артамонов Е.В. Выбор инструментального твердого сплава по обрабатываемому материалу на основе физико-механических характеристик: учебное пособие / Е. В. Артамонов, Д. С. Василега, В. Б. Трифионов; Тюмень: ТюмГНГУ, 2010 – 128 с.
12. Артамонов Е.В. Влияние качества применения сборных инструментов на эффективность механической обработки: монография / Артамонов Е.В., Василега Д.С., Остапенко М.С. / под общ.ред. М.Х. Утешева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 112 с.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА СТАЛИ

С.Н. Федосеев, аспирант

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: sfedoseev@tpu.ru

Одной из актуальных проблем металлургического производства является улучшение качества выплавляемого металла и интенсификация производственных процессов. Необходимо увеличить выход годного металла из плавки и, что особенно важно, повысить механические свойства литой стали. Например, увеличение срока изделий ответственного назначения, в большинстве случаев связано с решением проблемы повышения однородности металла, как по структуре, так и по составу, и уменьшения загрязненности стали вредными примесями. Сложное легирование не всегда обеспечивает получение нужных свойств, поэтому исследователи пытаются улучшить качество сталей существующих марок воздействием на кристаллизацию и перекристаллизацию металла в процессе термической обработки и деформации. Во всех случаях качество деформированной и термически обработанной стали зависит от структуры и свойств полученного металла.

Одним из действенных методов для улучшения качества стали это использование различных способов модифицирования. Под модифицированием понимают такое воздействие, при котором существенно изменяются структура и свойства при практически неизменном количестве основных компонентов. Модифицирование осуществляется малыми добавками растворимых и нерастворимых примесей, вакуумированием и рафинированием, воздействием ультразвуковыми и низкочастотными колебаниями, внешними полями (электрическим, магнитным), регулированием скорости теплоотвода и др.

Самым экономичным способом улучшения качества стали следует считать модифицирование расплава растворимыми и нерастворимыми добавками, так как при этом не требуется дополнительного дорогостоящего оборудования. Вводимые в расплав малые добавки растворимых и нерастворимых примесей оказывают влияние на параметры кристаллизации, дислокационную структуру, дегазацию, образование неметаллических включений и вторичных фаз, ликвацию, изменение усадки, деформацию и скорость затвердевания корки слитка, а также на перекристаллизацию и рост зерна. В последнее время достигнуты большие успехи в использовании модификаторов для улучшения качества сталей и сплавов [1, 2].

В настоящее время выдвинуто большое число гипотез механизма действия модификаторов. Однако большинство из них недостаточно подкреплено экспериментальными данными, а те, которые основаны на всесторонних и глубоких исследованиях, распространяются только на чистые металлы или двойные и тройные сплавы. В отношении же многокомпонентных сплавов, выплавленных в производственных условиях, эти гипотезы не совсем справедливы, так как не учитывают ряда побочных факторов, связанных со сталеплавильным процессом, но оказывающих существенное влияние на конечные свойства металлов [3].

Для решения вопроса о целесообразности модифицирования стали тем или иным модификатором или смесью компонентов необходимо знать некоторые характеристики расплава и в первую очередь работу образования зародышей газовых пузырьков и центров кристаллизации. Работа образования кристаллических зародышей обуславливает склонность стали к переохлаждению, которое определяется составом и степенью чистоты кристаллизующейся стали. Вместе с тем выбор модификаторов и затраток связан с кинетикой их плавления, активностью и растворимостью в исследуемой стали [4, 5].

Модифицирование стали природными концентратами или минералами в последнее время вызывает живой интерес металлургов в качестве источника модифицирования стали. В последнее время в мировой практике производства сталей наблюдается тенденция замены рядовых углеродистых сталей на экономичные ресурсосберегающие высокопрочные микролегированные стали [6,7]. Для легирования которых применяются редкие и дорогостоящие легирующие элементы, такие как ванадий, титан, ниобий, редкоземельные металлы, барий, стронций и др. Но значительные затраты на использование чистых легированных элементов или их сплавов сдерживают развитие направлений микролегирования и модифицирования сталей и сплавов. Актуальным решением данной проблемы является применение природных минеральных концентратов как замены чистых дорогостоящих элементов в качестве модификаторов для микролегирования стали. Подобные минеральные концентраты являют-

ся отличной заменой дорогостоящих легирующих элементов при микролегировании стали и более доступными для применения.

Одним из подобных примеров использования таких концентратов является применение ильменит-цирконовых песков Туганского месторождения при модифицировании и микролегировании стального и чугуна литья, химический состав показан в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав концентратов			
Элементы		Ильменитовый	Цирконовый
Диоксид титана TiO_2	не менее	60,0	4,0
Диоксид циркония ZrO_2	не менее	–	60,0
Оксид алюминия Al_2O_3	не менее	5,0	1,0
Оксид железа Fe_2O_3	не менее	–	1,0
Диоксид кремния SiO_2	не менее	4,0	–
Влажность, %	не более	0,5	0,5

Россыпи подобных песков являются наиболее дешевым источником сырья, и служат основным промышленным источником титановых минералов и циркона. Подобные россыпные месторождения наряду с основным элементом содержат большой перечень других металлов, порой не уступающих основному. В россыпях Туганского месторождения встречаются такие редкоземельные элементы: гафний, иттрий, лантан, ниобий, скандий, тантал, церий, цирконий. Данные элементы имеют большую промышленную ценность в чистом виде, а в комплексном виде могут применяться в виде эффективного и недорогого модификатора стали.

Россыпи часто характеризуются низкими содержаниями основного элемента (Ti, Zr и др.). Однако относительно простое получение концентратов из россыпей делают рентабельной их эксплуатацию. Добытый материал перерабатывается на обогатительных фабриках, где получают самостоятельные концентраты: ильменитовый, рутиловый, цирконовый. Который в дальнейшем идет потребителю на соответствующие производство.

В результате проведения ряда исследований по влиянию концентратов данного месторождения на изменение структуры и свойства стали были получены результаты, представленные в работах [8, 9]. В результате, проведения опытных плавок были выявлены изменения структуры, в частности было уменьшено число неметаллических включений.

Модифицирование стали производили по существующей технологии, с использованием ультрадисперсных порошков оксидов циркония, титана, ниобия, гафния, ванадия, алюминия полученных из природного концентрата Туганского месторождения.

Модифицирующая смесь загружалась на дно разливочного ковша в расчете 3 кг модификатора на тонну стали. После выдержки расплава в печи производилась разливка стали в ковш с модификатором. После трех минут выдержки в разливочном ковше с модификатором сталь начинали разливать.

Влияние модификатора на качество и структурные характеристики образцов оценивали по размеру аустенитных зерен, количеству, форме и распределению неметаллических включений на границах зерен и внутри зерна, наличию карбидов.

В частности, модифицирование расплава стали позволило значительно улучшить однородность структуры стали, что в свою очередь способствует повышению ее плотности и приводит к улучшению ее изотропности, т.е. способствует повышению равномерности распределения внутренних напряжений под нагрузкой, уменьшает трещинообразование, образование пор и сколов.

В результате модифицирования не изменяется основной химический состав стали, но при этом уменьшается количество и размер неметаллических включений по границам и внутри зерна, также наблюдается уменьшение размера зерна. Что свидетельствует об улучшении качества получаемого металла. Введение модификатора незначительно изменяет механические характеристики образцов, а именно повышение служебных характеристик сердечников.

Таким образом, применение минеральных концентратов возможно в качестве модификаторов стали и частичной или полной замены дорогостоящих легирующих элементов. Однако предстоит разобраться еще во многих факторах влияющих на свойства и структуру стали, получаемую при модифицировании.

Для определения оптимальной концентрации модификатора используют методы измерения поверхностного натяжения на границе жидкость – пар. С этой же целью изучают влияние модификаторов на коэффициент кинематической вязкости и на степень переохлаждения жидкой стали. По температурной зависимости кинематической вязкости и величине переохлаждения можно косвенно оценить взаимодействие инородных и основных атомов и степень активации и дезактивации нерастворимых примесей в расплаве. Последний вопрос слабо освещен в литературе, несмотря на его существенную роль при модифицировании слитка. Определяя температуру дезактивации примесей, можно установить склонность к зародышеобразованию в стали, подлежащей модифицированию, и активность затравки [10,11].

Работы по изучению влияния различных видов модификаторов с различной степенью совершенства структуры и состава представляют значительный интерес при обсуждении механизма модифицирования стали активированными или изоморфными нерастворимыми примесями. Еще больший интерес представляют работы по исследованию влияния дисперсности и распределения нерастворимых примесей на механические свойства композиционных сплавов, однако таких данных еще очень мало.

Влияние модифицирование зависит не только от количества вводимого модификатора, но и также от условий скорости охлаждения и последующей термической обработки сплава. Безусловно, эффект модифицирования зависит от активности вводимых добавок, окисленности, газонасыщенности, загрязненности металла, его физико-химических свойств, температуры расплава, длительности его выдержки в ковше и т.п. Поэтому при разработке сталей и сплавов, новых марок следует проводить систематические исследования с целью накопления достоверных данных для установления оптимальных концентраций технологических добавок.

Литература.

1. Неймарк В.Е. Модифицированный стальной слиток // М.: Металлургия. – 1977 – 200 с.
2. Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали // М.: Металлургия. – 1970 – 296 с.
3. Черепанов А.Н., Полубояров В.А., Калинина А.П., Коротаяева З.А. Применение ультрадисперсных порошков для улучшения свойств металлов и сплавов // Материаловедение. – 2000 – № 10 – С. 45-53.
4. Комаров О.С., Волосатиков В.И., Проворова И.Б. Комплексное модифицирование стали // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2013. – № 3. – С. 48-51.
5. Федосеев С.Н., Некрасова А.А. Анализ комплексного модифицирования стали // АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Юргинский технологический институт. Томск. – 2014. – С. 275-278.
6. Полубояров В.А., Коротаяева З.А., Черепанов А.Н., Калинина А.П., Корчагин М.А., Ляхов Н.З. Применение механически активированных ультрадисперсных керамических порошков для улучшения свойств металлов и сплавов // Наука производству. – 2002 – № 2 – С. 2-8.
7. Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Дмитриенко В.И., Платонов М.А. Легирование и модифицирование стали с использованием природных и техногенных материалов. – Томск: ТПУ. – 2013 – 320 с.
8. Федосеев С.Н. Исследование влияния модификатора на изменение структуры и свойств марганцовистой стали // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. – 2015. – № 34. – С. 19-24.
9. Fedoseev S. N., Mukhtar Z. M. Increasing the Operational Stability of Railway Core by Modifying // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015 – Vol. 91, Article number 012050. – p. 1-7
10. Белов Б.Ф., Николаев Г.А., Позняк Л.А. Улучшение качества непрерывнолитой стали путем микролегирования плакированными порошковыми модификаторами // Сталь. – 1992. – № 1. – С. 24-27.
11. Калинин В.Т., Хрычиков В.Е., Кривошеев В.А. Технологические особенности модифицирования литейных расплавов ультрадисперсными реагентами и перспективы их применения при производстве отливок // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 38-42.
12. Быховский Л.З., Зубков Л.Б., Осокин Е.Д. Цирконий России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Сер. геол.-экономич. – М.: ВИМС. – 1998. – № 2.

БЕЗВЕРШИННЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Н.Н. Шамарин, уч. мастер, О.А. Подгорных, зав. лаб.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)3-72-55

E-mail: shamarin.nik@gmail.com

При обработке металла резанием в машиностроении, как правило, необходимо обеспечивать требуемые параметры точности, а в частности форму, размер и шероховатость получаемых поверхностей. Эти параметры, в немалой степени зависят от применяемого режущего инструмента. Особенно остро встает проблема выбора инструмента при чистовой обработке.

Как правило, для повышения точности при чистовом точении применяют резцы с зачищающей кромкой или увеличенным радиусом при вершине. Либо прибегают к уменьшению подачи, что по своей сути приводит к сознательному недоиспользованию заложенного в инструмент ресурса по производительности, прочности и стойкости [1]. Кроме этого для чистового точения могут применяться безвершинные резцы, у которых в процессе резания участвует только главная режущая кромка, расположенная под углом ω см. рис.1.

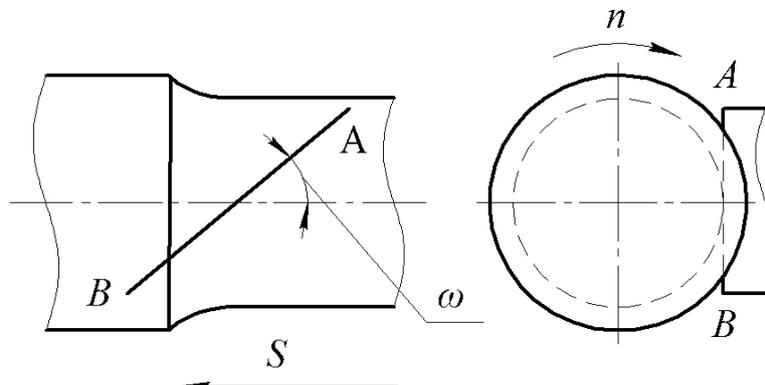


Рис. 1. Схема работы безвершинного резца с прямолинейной режущей кромкой (AB – режущая кромка, S – подача, n – направление вращения заготовки, ω – угол наклона режущей кромки)

Такие безвершинные резцы, в сравнении с обычными, обладают рядом достоинств [1, 2, 3, 4]:

1. Отсутствие вершины - наиболее слабого и уязвимого конструктивного элемента, что повышает стойкость инструмента.

2. Свободная схема резания, т.е. в работе участвует только главная режущая кромка.

3. Малая толщина срезаемой стружки, которая уменьшается в направлении от обрабатываемой поверхности к обработанной. Таким образом калибрующий участок срезает стружку минимальной толщины, что снижает шероховатость обработанной поверхности. При этом деформации обрабатываемого материала имеют довольно низкие значения. Более того чистота поверхности не зависит от глубины и скорости резания.

4. Плавность врезания режущей кромки при обработке прерывистых поверхностей.

5. Возможность обновления калибрующего участка путем перемещения резца вдоль режущей кромки, что позволяет повышать размерную стойкость инструмента и сохранять требуемую шероховатость поверхности. Причем, если целью является сохранение заданной шероховатости, то достаточно периодического перемещения резца. Но для увеличения размерной стойкости рекомендуется все же производить систематическое перемещение.

6. При установке на станке, резец не требуется выверять.

Наряду с приведенными достоинствами существуют и некоторые недостатки. В частности это гиперболическая форма поверхности резания, которая позволяет производить обработку только на проход, и возникновение вибраций при обработке нежестких валов особенно с большим припуском, из-за большой длины контакта режущей кромки. [2]

Согласно исследованиям представленным в работе [2] исключительной особенностью безвершинных резцов является возможность минимизации влияния размерного износа на точность и шероховатость, путем обновления калибрующего участка перемещением режущей кромки.

В связи с этим стоит упомянуть еще один вид безвершинного резания, т.н. ротационное резание. Это резание при котором обновление контактных поверхностей инструмента производится путем вращательного движения круглого режущего элемента т.н. чашки см. рис. 2. Причем существуют ротационные режущие инструменты как с принудительным вращением, так и с вращением под действием сил резания. При ротационном резании трение скольжения рабочих поверхностей резца относительно обрабатываемого материала, преимущественно, заменено на трение качения. Что дает улучшение ряда физико-механических параметров процесса резания: снижение скорости скольжения в контактных зонах между инструментом и обрабатываемым материалом по сравнению со скоростью взаимного перемещения инструмента и обрабатываемой поверхности; уменьшаются продольная усадка стружки, сила трения, силы резания и соответственно затрачиваемая на резание мощность, работа резания и ее составляющие деформации и трения на передней поверхности, ширина площадки контакта стружки с передней поверхностью резца; при его работе частично или полностью устраняется наростообразование; снижается амплитуда колебаний резца и детали при устойчивом резании, понижается температура в зоне резания в 1,3-1,5 раза. [4]

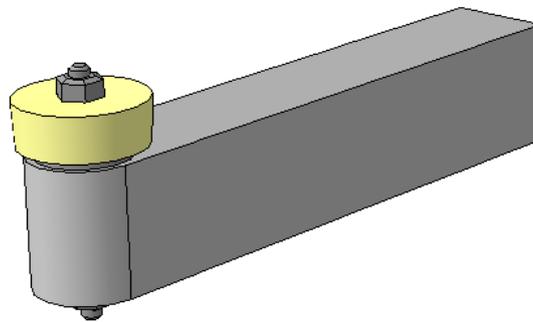


Рис. 2. Общий вид ротационного резца

Помимо токарных ротационных режущих инструментов существуют и фрезерные, например торцевая фреза, разработанная на кафедре «Станки и инструменты» ЮУрГУ см. рис. 3. [5]

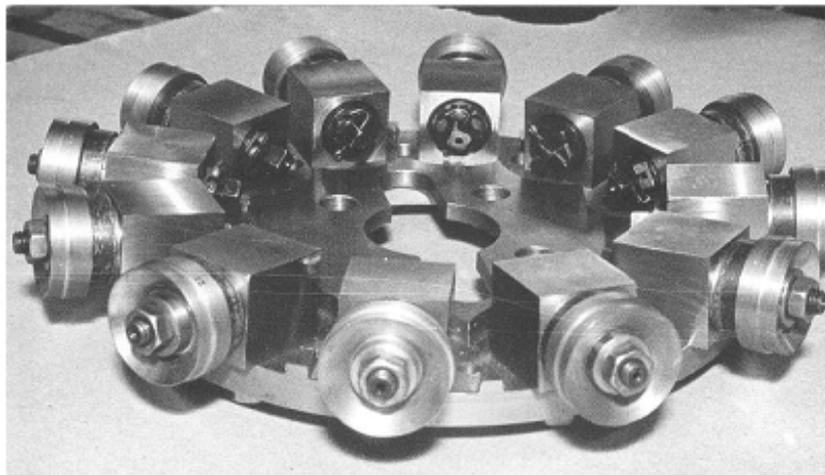


Рис. 3. Ротационная торцевая фреза

Как уже было сказано, при обработке по схеме представленной на рисунке 1 поверхность резания имеет криволинейную форму, что ограничивает область применения метода безвершинного точения. Однако современные производители металлорежущего оборудования и инструмента решили и эту проблему, путем изменения направления движения режущего инструмента, согласно схеме представленной на рисунке 4. Не смотря на то, что при такой схеме направление движения инструмента изменено, сьем материала производится последовательно вдоль оси обрабатываемой заготовки. Причем для обработки протяженных поверхностей возможно совмещение движения инструмента с продольной подачей. Такой способ обработки минимизирует недостаток безвершинного резания,

связанный с гиперболической формой поверхности резания. Согласно данным представленным в источнике [6] данная схема позволяет при обработке валов добиться достаточно высоких параметров точности, а в частности: точность размеров по 5-6 качеству; отклонения от круглости и прямолинейности до 0,003 мм; радиальное биение и параллельность до 0,004 мм. Такие значения параметров точности соответствуют параметрам точности при шлифовании. Таким образом, применив безвершинное резание по схеме рис. 4 можно значительно ускорить технологический процесс изготовления деталей, путем исключения шлифовальных операций. Главным недостатком данной схемы обработки является необходимость применения специальных приспособлений или оборудования.

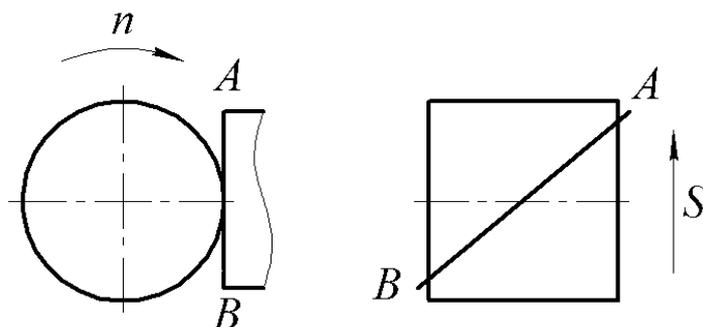


Рис. 4. Схема работы безвершинного режущего инструмента с измененным направлением движения инструмента

Вышеописанные способы обработки и виды режущего инструмента пригодны только для наружного точения. Но, тем не менее, многочисленные их преимущества дали толчок к более глубокому исследованию безвершинного резания и созданию различного безвершинного режущего инструмента для обработки отверстий. Так, например, в научной работе [7] представлена резцовая сборная развертка с безвершинными зубьями, конструкция которой повышает точность получаемых отверстий, уменьшает нагрузку на каждый безвершинный зуб в 1,5 раза и повышает прочность в 1,3 раза.

Благодаря своим преимуществам безвершинное резание находит широкое применение в машиностроительном производстве. Продолжают разрабатываться новые виды безвершинного режущего инструмента которые по некоторым параметрам значительно превосходят обычный режущий инструмент. Таким образом, данный вид обработки, по сей день, остается актуальной темой для научных исследований.

Литература.

1. Карпов А.В., Зелинский В.В. Совершенствование чистовой токарной обработки путём применения инструментов безвершинных конструкций // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 3. – С. 53-57.
2. Рывкин Г.М., Самойлов Б.И. Чистовое точение резцами с перемещаемой режущей пластинкой // Станки и инструмент. – 1952. – № 4. – С. 21-22.
3. Подгорков В.В. Чистовое точение однокромочными резцами // Станки и инструмент. – 1974. – № 8. – С. 30-31.
4. Аваков А.А., Галоян Г.П. Повышение стойкости безвершинных резцов при диагональном точении // Станки и инструмент. – 1982. – № 3. – С. 18-19.
5. Гатитулин М. Н., Портнягин В. И. Ротационные режущие инструменты // Прогрессивные технологии в машиностроении: Тематический сборник научных трудов. Компьютерная версия.—2-е изд., перер.—Челябинск: ЮУрГУ, 2006.—225 с. – 2005. – С. 36 – 42.
6. MAS tools & engineering [Электронный ресурс]: http://www.mas-tools.de/engineering_rotationsdrehen_wellen.php
7. Таскарина А. Ж., Дудак Н. С., Касенов А. Ж. Резцовая сборная развертка с безвершинными зубьями // Научный журнал МОН «Поиск. – 2012. – №. 1. – С. 2.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МАГНИТНОМУ ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ РУД
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНЫЙ КАМЫС**

*А.С. Байсанов, к.т.н., заведующий лабораторией ХМИ им.Ж.Абишева,
А.З. Исагулов, д.т.н., первый проректор КарГТУ,
Г.Е. Сиргетаева, магистр металлургии, докторант
Химико-металлургического института имени Ж.Абишева,
Карагандинский государственный технический университет
10000, г.Караганда, Бульвар Мира 56,
E-mail: gulzhan_karakeev@mail.ru*

Целесообразность проведения исследований по магнитному обогащению предопределяется как необходимостью оценки технологических свойств железомарганцевых руд, так и возможностью сопоставления технологических показателей их магнитного и обжигмагнитного обогащения.

Эксперименты по сухой и мокрой магнитной сепарации железомарганцевой руды месторождения «Жомарт» приведены на лабораторных электромагнитных сепараторах типов 138Т, 120Т, 025Т в следующих режимах [1]:

- магнитная сепарация пробы крупности 0-3мм в зависимости от напряженности магнитного поля, обобщенные показатели которой представлены в таблице 1 (схема1);
- магнитная сепарация пробы крупности 0,071-3 мм, полученной путем предварительной дещлакации по классу 0,071 руды 0-10мм и дроблении ко 007-10мм до крупности 0-3мм (таблица 2, схема 2);

Особенности гранулометрической характеристики пробы предопределили целесообразность исследований по следующей технологической схеме (таблица 1, схема 3)

- классификация исходной пробы на классы 10-40, 3-10, 0.16-0 и 0-0.16;
- дробление классов 10-40, 3-10 мм до крупности 0-3 мм с последующей магнитной сепарацией при напряженности магнитного поля 9,5-10 кЭ с получением хвостов (0-3мм) и коллективного концентрата;
- доизмельчение коллективных концентратов (классов 10-40 и 3-10 мм) до крупности 0-1мм и последовательная сухая магнитная сепарация при 1,0-1,5; 3,5-4,0 и 9,5-10 кЭ с получением трех магнитных фракций и хвостов (0-1мм);
- класс 0-0,16мм подвергается магнитной сепарации в слабом магнитном поле (1,0-1,5 кЭ), немагнитная фракция которой проходит контрольную сепарацию при напряженности магнитного поля 9,5-10кЭ.

Сводные показатели магнитного обогащения руды по технологической схеме 3 в пересчете на железо и марганецсодержащие концентраты по всем продуктам классификации в сравнении с показателями технологических схем 1 и 2 приведены в таблице 1. Первая стадия сухой магнитной сепарации пробы крупности 0-10 мм проведена на лабораторном магнитном сепараторе (тип 120Т) с получением железосодержащего продукта и немагнитной фракции, которая направляется на вторую стадию магнитной сепарации на роликовом сепараторе (тип 120 Т) с получением железосодержащего продукта и немагнитной фракции, которая направляется на вторую стадию магнитной сепарации на роликовом сепараторе (тип 138Т) с предварительным измельчением до крупности 0-3 мм. Результаты схемы 4 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сопоставление данных сухой сепарации пробы по пяти схемам

Крупность, мм	Наименование продуктов	Выход, %	Содержание %			Извлечение, %		
			Fe	Mn	SiO ₂	Fe	Mn	SiO ₂
0-3 схема 1	Мп-концентрат	56,22	11,76	30,41	16,32	68,30	70,29	36,24
	Мп-продукт	28,68	8,93	22,50	27,09	26,46	26,54	30,68
	Хвосты	15,10	3,36	5,11	55,47	5,24	3,17	33,08
	Итого	100,00	9,68	24,32	25,32	100,00	100,0	100,0
0,071-3 схема 2	Мп-концентрат	56,43	11,61	31,02	15,78	67,70	71,98	35,17
	Мп-продукт	17,14	7,87	23,26	26,58	13,93	16,39	17,99
	Хвосты	12,56	2,94	4,60	56,71	3,85	2,39	28,33
	Шламы (0-0,071)	13,78	10,20	16,31	34,01	14,52	9,24	18,51
	Итого	100,00	9,68	24,32	25,32	100,00	100,0	100,0

Крупность, мм	Наименование продуктов	Выход, %	Содержание %			Извлечение, %		
			Fe	Mn	SiO ₂	Fe	Mn	SiO ₂
0-40 (с классификацией 3) схема 3	Мп-концентрат	52,41	10,43	33,43	14,27	56,47	72,04	29,54
	Мп-продукт	11,66	18,44	22,65	16,31	22,21	10,86	7,51
	в т.ч.: железосодержащий	6,67	25,02	21,59	15,18	17,24	5,92	4,00
	марганцевый	4,99	9,64	24,08	17,81	4,97	4,94	3,51
	Общие хвосты	35,93	5,74	11,57	44,36	21,32	17,10	62,95
	в т.ч.: хвосты (0-3мм)	23,60	5,27	11,61	46,23	12,86	11,27	43,09
	хвосты (0-1мм)	5,39	5,69	13,49	38,76	3,17	2,99	8,25
	класс 0-0,16мм	6,94	7,38	9,95	42,36	5,29	2,84	11,61
	Итого	100,00	9,68	24,32	25,32	100,00	100,0	100,0
0-10 (исходная) схема 4	Железосодержащий продукт	4,59	20,40	16,93	22,74	9,68	3,19	4,12
	Мп-концентрат	54,76	11,17	32,43	14,32	63,21	73,02	30,97
	Мп-промпродукт	19,10	8,79	23,13	24,82	17,34	18,16	18,73
	Хвосты	21,55	4,39	6,35	54,26	9,77	5,63	46,18
	Итого	100,0	9,68	24,32	25,32	100,0	100,0	100,0
0-0,2 (конечная) схема 5	Железосодержащий продукт	0,65	45,04	24,20	25,32	100,00	100,0	100,0
	Мп -концентрат	47,71	12,03	28,57	17,66	59,28	56,05	33,27
	Мп - промпродукт	23,96	9,54	25,79	25,92	23,61	25,41	24,53
	Хвосты	27,68	4,93	15,71	38,44	14,09	17,89	42,03
	Итого	100,0	9,68	24,32	25,32	100,0	100,0	100,0

Первая стадия сухой магнитной сепарации пробы (крупность 0,3 мм) проведена в поле напряженностью 9,5-10 кЭ с выделением хвостов – 1. Магнитная фракция (коллективный железомарганцевый концентрат) измельчена до крупности 0-0,2 мм (45% класса – 0,071 мм) и направлена на вторую стадию мокрой агнитной сепарации при напряженности поля 1,5 кЭ (сепаратор 25Т) с последующей сухой контрольной сепарацией выделенной немагнитной фракции в магнитном поле напряженностью 6-7 кЭ. Показатели обогащения по схеме 5 также представлены в таблице 1.

Обсуждая результаты магнитного обогащения по пяти технологическим схемам, следует отметить:

- установлена возможность выделения в магнитных полях средней напряженности (4-6 кЭ), нехарактерных для слабомагнитных марганцевых минералов, относительно богатого, по сравнению с исходной рудой, коллективного железомарганцевого концентрата и приростом по содержанию марганца 5-6%, что подтверждает тесную ассоциацию марганцевых и железосодержащих минералов между собой и с породой в том числе присутствие тонких выделений магнетита и яacobита в марганцевых минералах и гематите;

- выделены хвосты магнитного обогащения (выход – 15,10%) с минимальными потерями ценных компонентов (5,24% Fe и 3,17% Mn) и выводом 33,08% кремнезема и 24,45% оксида кальция из дальнейшего передела (таблица 1, схема 1);

- дешламация руды по классу 0,071 мм не обеспечивает существенного улучшения технологических показателей и представляется нецелесообразным ее включение в схему магнитного обогащения (таблица 1, схема 2);

- при магнитном обогащении исходной пробы, классифицированной на классы 10-40; 3-10; 0,16-3 и 0-0,16 мм, прирост содержания Mn марганцевых концентратах соответственно составляет 7,22%; 5,54%; 7,55% и 0,28%; Fe – 0,32%, 0,12%, 2,62%, 0,71%; содержание SiO₂ снижается на 9,59; 5,82; 12,11 и 2,40%. В первой сильномагнитной фракции содержание Fe повышается на 16,22; 12,32; 10,49 и 11,81% соответственно для каждого класса. Но извлечение Fe в эту фракцию колеблется в пределах от 6,11 до 23,96%, т.е. наибольшая концентрация Fe имеет место во 2-ой и 3-ей магнитных (марганцевых) фракциях.

Для расчета суммарных показателей магнитного обогащения классифицированной пробы класс 0,0,16 мм, из-за неудовлетворительной магнитной селекции, объединяется с хвостами преды-

душих классов; вторая и третья магнитные фракции объединены в высокожелезистый промпродукт. При этом получен марганцевый концентрат с содержанием и извлечением марганца 33,43% и 72,04%, что выше показателей технологических схем 1 и 2 соответственно на 2,41-3,02% (по содержанию Mn) и 0,06-1,75% (по извлечению Mn). Содержание и извлечение Fe в этот концентрат меньше на 1,18-1,33% и 11,23-11,83% соответственно. Несмотря на эти показатели, полученный марганцевый концентрат не соответствует требуемым кондициям. Исходя из данных таблицы 1, наиболее целесообразной представляется технологическая схема 1, включающая измельчение исходной пробы месторождения «Жомарт» до крупности 0-3 мм и прямую сухую магнитную сепарацию в сильном магнитном поле;

- отделение железистой фракции из руды (0-10 мм) по схеме 4 несколько улучшает качество марганцевого концентрата, выделенного на второй стадии магнитной сепарации (крупность 0-3мм). По сравнению со схемой 1 наблюдается повышение в концентрате содержание марганца на 2,0%, извлечения марганца на 2,7%. Однако целесообразность практического использования этой схемы вызывает сомнение;

- повышение степени измельчения до 45% класса 0,071 мм также не обеспечивает селективного разделения железо- и марганцевых минералов, что вполне логично, так как по данным микроскопического анализа размер зерен гематита составляет 0,002-0,003мм. Полученный по данной схеме марганцевый концентрат содержит 28,57% Mn и 12,03%Fe, что заметно хуже показателей схемы 1. Однако следует отметить, что применение современных типов зарубежных лабораторных сепараторов, возможно, несколько улучшило бы эти показатели.

Данные по сухой магнитной сепарации железомарганцевой руды месторождения «Ушкатын III» крупностью 0-3мм в магнитных полях с последовательно увеличивающейся напряженностью от 1 до 10 кЭ представлены в таблице 2, которая содержит также данные по магнитному разделению ушкатынской руды на железомарганцевые продукты 1 и 2, первый из которых содержит 19,89% Mn и 28,56% Fe, а второй - 9,99% Mn и 25,11%Fe. Возможно, такая селекция руды облегчит дальнейшую их переработку, в том числе и обжигмагнитным методом обогащения.

Таблица 2

Данные по магнитному обогащению ушкатынской руды

Фракции	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Mn	Fe	CaO	SiO ₂	Mn	Fe	CaO	SiO ₂
1 магнитная	3,27	21,53	9,93	14,36	11,67	4,96	1,40	3,49	3,17
2 магнитная	53,67	19,79	29,70	8,24	8,96	74,87	68,79	32,89	39,92
3 магнитная	17,22	10,63	26,73	12,56	11,94	12,91	19,86	16,09	17,07
4 магнитная	6,43	8,25	20,80	16,88	13,86	3,74	5,77	8,08	7,40
Немагнитная	19,41	2,57	4,99	27,32	20,14	3,52	4,18	39,45	32,44
Итого	100,00	14,19	23,17	13,44	12,05	100,00	100,00	100,00	100,00
Mn-продукт 1	56,94	19,89	28,56	8,59	9,12	79,83	70,19	36,38	43,09
Mn-продукт 2	23,65	9,99	25,11	13,73	12,47	16,65	25,63	24,17	24,47
Хвосты	19,41	2,57	4,99	27,32	20,14	3,52	4,18	39,45	32,44
Итого	100,00	14,19	23,17	13,44	12,05	100,00	100,00	100,00	100,00

По данным таблицы 2 следует отметить:

- руда практически не содержит сильномагнитных минералов;
- наблюдается существенная зависимость содержания основных компонентов от напряженности магнитного поля. Так, с увеличением напряженности поля снижаются содержания Mn с 19,8 до 2,6%; Fe-с 29,7 до 50%; содержание CaO и SiO₂ повышаются с 8,2 до 27,3% и с 8,9 до 20,1 соответственно;
- возможность выделения в полях средней напряженности, нехарактерных для марганцевых минералов, относительно богатого (по сравнению с исходной рудой) железомарганцевого продукта (с приростом по содержанию 5,7% Mn и 5,39% Fe) предопределяют целесообразность более детальных минералогических исследований вещественного состава и взаимосвязи минералов.

Таким образом, результаты исследований показывают невозможность селективного разделения железо – и марганцевых минералов и получение кондиционного марганцевого концентрата методом магнитного обогащения агломерационным обжигом из высокожелезистых марганцевых руд месторождений «Жомарт» и «Ушкатын III». Это подтверждается результатами систематических исследований обогатимости железомарганцевых руд атасуйского типа, проведенными институтом

Уралмеханобр, который на основании опытно-промышленных испытаний рекомендует гравитационно-магнитно-обжигмагнитную технологию их обогащения.

Литература.

1. Отчет ХМИ им. Ж.Абишева. Разработка сквозной технологии переработки некондиционных железомарганцевых руд с получением товарного концентрата и стандартных марок марганцевых сплавов / Рук. Толымбеков М.Ж. - Караганда, 2006. – 109 с.
2. Байсанов А.С. Фазовые равновесия и кинетика процесса пирометаллургической переработки железомарганцевых руд. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Караганда, 2007 - 22 с.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ РАСПРАВОЧНОГО ВИНТОВОГО ВАЛА

Г.А. Бахадиров, К.Б. Хусанов, Н.Б. Сайдахметова

Научно-исследовательский центр по проблемам отраслевого машиностроения

при Ташкентском государственном техническом университете

100125, г.Ташкент, Академгородок, ул. Дурмен йули, 31, тел. (8371) 262-73-55

E-mail: instmech@rambler.ru

В механической технологии обработки листовых материалов для выполнения различных операций применяются винтовые валы со спиралью с правым и левым заходами винта от середины вала. Например, ширительные винтовые валы текстильных машин, разгонные валики бумагоделательных машин, а также винтовые валы мездрильных, разводных, строгальных и др. кожевенных машин [1-4].

При применении винтовых валов для расправки продольных складок листового материала, для полной расправки складок, винтовой расправочный вал должен совершить определенное количество вращений. Так как винтовые лопасти, имеющие постоянный шаг винта, с каждым полным оборотом винта перемещают складки листового материала от середины расправочного вала к его краям на один ход винтовой лопасти.

Допустим, что листовый материал на половину ширины расправочного вала имеет складки длиной Kl , где K – коэффициент расправляемости кожевенного полуфабриката, $2l$ – ширина нерасправленного листового материала, и на каждый ξ -ый (где $\xi=1, 2, 3, \dots, m$, m – количество точек касания листового материала с винтовыми лопастями от середины расправочного вала к его краю, под точкой подразумевается площадки касания) ход винтовых лопастей расправочного вала от его середины к краю приходится по $\frac{1}{m} Kl$, складок. [5]. Расправочный вал с ходом винтовых лопастей a_0 , за

один полный оборот, с учетом скольжения лопасти по листовому материалу, расправит складки от середины расправочного вала к его краям на расстояние $k_0 a_0$, где $k_0 \leq 1$ – коэффициент, учитывающий отставание (скольжение) винтовой лопасти по листовому материалу в направлении оси вращения расправочного вала. Для полной расправки складок листового материала расправочный вал должен совершить $\xi = \frac{Kl}{k_0 a_0}$, оборотов. Если обрабатываемый листовый материал шириной $2l$ полностью

перекрывает рабочую ширину расправочного вала, то имеет место $l = m a_0$. Тогда, $\xi = \frac{K}{k_0} m$.

При этом в начале процесса лишь первые витки лопастей от середины расправочного вала к краям расправят складки, последующие витки перемещают складки к следующим виткам в направлении к краям расправочного вала.

С целью эффективного расправления складок кожевенного полуфабриката необходимо равномерно и одновременно расправлять складки винтовыми лопастями от середины расправочного вала к его краям. Допустим, первый ход винтовой лопасти от середины вала к его краям, например, направо, равен a_1 . После одного полного оборота с учетом коэффициента k_0 лопасть должна расправить складку на величину $k_0 a_1$. Для достижения поставленной цели второй виток лопасти должен иметь ход $a_2 = a_1 + k_0 a_1$. Следующие витки лопастей должны иметь ходы:

$$\left. \begin{aligned} a_3 &= a_2 + k_0 a_2 = a_1 (k_0 + 1)^2 \\ a_4 &= a_3 + k_0 a_3 = a_1 (k_0 + 1)^3 \\ &\dots\dots\dots \\ a_\xi &= a_{\xi-1} + k_0 a_{\xi-1} = a_1 (k_0 + 1)^{\xi-1} \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Таким образом, каждый последующий ход винтовой лопасти получается из предыдущего умножением его на $(k_0 + 1) > 1$. Это возрастающая геометрическая прогрессия, её сумма определяется формулой

$$s_\xi = \frac{a_1}{k_0} \left[(k_0 + 1)^\xi - 1 \right]. \quad (2)$$

На основе вышеизложенного нами разработана конструкция расправочного вала с винтовыми лопастями, расходящимся от середины вала к его краям с переменным (возрастающим) шагом (ходом) [6]. Для полной расправки складок листового материала вал должен совершить $\xi = \frac{K}{k_0}$ оборотов. При $K = k_0$, $\xi = 1$ т.е. за один оборот расправочного вала складки расправятся полностью.

Таким образом, при возрастающем шаге винтовых лопастей складки листового материала расправятся независимо от его ширины за $\xi = \frac{K}{k_0}$ оборотов расправочного вала.

В формуле (2) индекс и показатель ξ характеризуют число ходов расправочного вала, необходимое для расправки складок кожевенного полуфабриката шириной S_ξ , при его равномерном вращательном движении:

$$\xi = \frac{\varphi}{2\pi}, \quad (3)$$

где φ - угол поворота расправочного вала.

В декартовой системе координат Oxy , с началом в центре расправочного вала, направляя ось Ox по оси вращения вала, подставляя выражение (3) в (2), получим закон движения поверхности касания грани винтовой лопасти расправочного вала, с листовым материалом:

$$x = \frac{a_1}{k_0} \left[(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{2\pi}} - 1 \right]. \quad (4)$$

Вращательное движение граней лопастей расправочного вала подчиняются закону

$$\left. \begin{aligned} y &= r \cos \varphi \\ z &= r \sin \varphi \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где r - радиус расправочного вала или расстояние от оси до грани лопасти.

Для получения уравнений кривой линии грани винтовой лопасти, из уравнения (4) после некоторых преобразований, получим

$$\varphi = \frac{2\pi \ln \left(\frac{k_0 x}{a_1} + 1 \right)}{\ln(k_0 + 1)}. \quad (6)$$

Подставляя значение φ из (6) в (5), получим, уравнения кривой линии грани винтовой лопасти расправочного вала:

$$\left. \begin{aligned} y &= r \cos \frac{2\pi \ln \left(\frac{k_0 x}{a_1} + 1 \right)}{\ln(k_0 + 1)}, \\ z &= r \sin \frac{2\pi \ln \left(\frac{k_0 x}{a_1} + 1 \right)}{\ln(k_0 + 1)}. \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Из (4) и (5) определим скорость расправки складок v_x и скорость лопасти относительно листового материала v ,

$$v_x = \frac{1}{2\pi k_0} a_1 \ln(k_0 + 1)(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}}, \quad (8)$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 k_0^2} a_1^2 \ln^2(k_0 + 1)(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} + r^2}, \quad (9)$$

также определим нормальное ускорение,

$$w_n = \sqrt{r^2 + \frac{a_1^2 (k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} \ln^4(k_0 + 1)}{16\pi^4 k_0^2} \left[1 - \frac{a_1^2 (k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} \ln^2(k_0 + 1)}{a_1^2 (k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} \ln^2(k_0 + 1) + 4\pi^2 k_0^2 r^2} \right]}, \quad (10)$$

тангенциальное ускорение,

$$w_\tau = \frac{a_1^2 (k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} \ln^3(k_0 + 1)}{8\pi^3 k_0^2 \sqrt{r^2 + \frac{a_1^2}{4\pi^2 k_0^2} (k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} \ln^2(k_0 + 1)}}, \quad (11)$$

и полное ускорение

$$w = \sqrt{\frac{a_1^2}{16\pi^4 k_0^2} \ln^4(k_0 + 1)(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} + r^2}. \quad (12)$$

На основании (9) и (10) после некоторых преобразований получим формулу определения радиуса кривизны ρ грани винтовой лопасти расправочного вала,

$$\rho = \sqrt{\frac{a_1^2}{16\pi^4 k_0^2} \ln(k_0 + 1)(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} \left[1 - \frac{a_1^2 \ln(k_0 + 1)(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}}}{a_1^2 \ln(k_0 + 1)(k_0 + 1)^{\frac{\varphi}{\pi}} + 4\pi^2 k_0^2 r^2} \right]} + r^2. \quad (13)$$

На рисунке представлены графики изменения шага винтовой лопасти - x_i , скорости точки касания - v_i , и радиуса кривизны - ρ_i в зависимости от угла поворота расправочного вала - φ_i , построенные по формулам (4), (8) и (13), соответственно, при следующих значениях, $a_1=20$ мм, $k_0=0,5$, $r=75$ мм, $\varphi_i = \varphi_{i-1} + 2\pi$, $\varphi_0 = 0$.

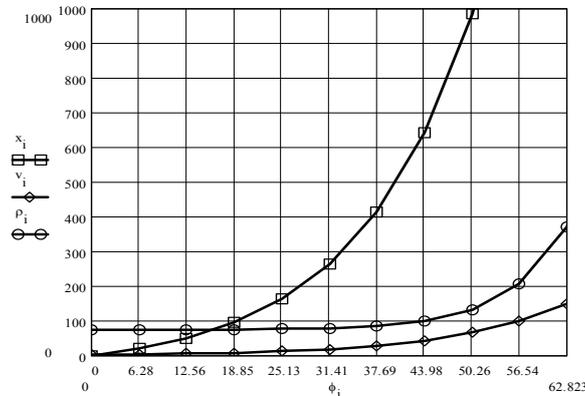


Рис. Графики зависимости шага винтовой лопасти, скорости точки касания и радиуса кривизны от угла поворота

Из рис. видно, что x_i , v_i и ρ_i в зависимости от φ_i увеличивается от середины расправочного вала к его краям. Центр кривизны любого участка грани винтовой лопасти лежит на прямой соответствующей направлению w и на расстоянии ρ_i от грани.

Полученные выражения будут использованы при проектировании винтовых валов с переменным шагом и проведении дальнейших исследований.

Литература.

1. Бурмистров А.Г. Машины и аппараты производства кожи и меха – М.: КолосС, 2006. – 384 с.: ил.
2. Бахадиров Г.А., Механика отжимной валковой пары. Ташкент, Фан, 2010. -156 с.
3. Иванов В.А., Рашкин В.В. Тенденции и перспективы развития оборудования кожевенных производств. Электротехнические и информационные комплексы и системы № 1, т. 8, 2012 г. 47-52 стр.
4. F. Failli, G. Dini. An Innovative Approach to the Automated Stacking and Grasping of Leather. Plies CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 53, Issue 1, 2004, Pages 31-34
5. Бахадиров Г.А. Экспериментальное определение коэффициента расправляемости кожполуфабриката. Узбекский журнал, Проблемы механики №1, 2000г. 91-94 стр.
6. А.с. 1254014. Устройство для расправки листового материала при его транспортировании / А.Т.Туляганов, Т.Ю.Аманов, Г.А.Бахадиров и др. Опубл. в Б.И., 1986, №32.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

М.И. Воробьев, магистрант, Е.В. Павлов, к.т.н., доцент

Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

E-mail: k375me@yandex.ru

В современном металлургическом производстве применение лазерного режущего инструмента позволяет открыть широкие перспективы для производителя. Высокая степень точности, скорость, эффективность и отсутствие физического контакта с обрабатываемым материалом позволяют достичь высокого уровня автоматизации процесса раскроя листового металла. Прогресс в развитии лазерных технологий ведет к совершенствованию области высокоточной обработки металлов.

Процесс лазерной резки металлов происходит за счет расплавления нужного участка и выдувания (либо испарения) расплавленного металла из зоны разреза с помощью кислородной струи. Затрагиваемая температурой площадь металла получается минимальной, что дает возможность получения тонких разрезов. Существует несколько основных видов лазеров:

1) Полупроводниковые лазеры. Конструкция подразумевает использование двух полупроводников с разными типами соединения (рис.1). Между ними находится переходная зона, в которой атомы вещества возбуждают электрический ток, тем самым генерируя свет. Использование в конструкции зеркал дает возможность получения лазерного излучения. Данный вид лазеров имеет небольшой размер, что позволяет использовать их там, где необходимы небольшие размеры источника мощного света. Из недостатков можно отметить низкую согласованность.

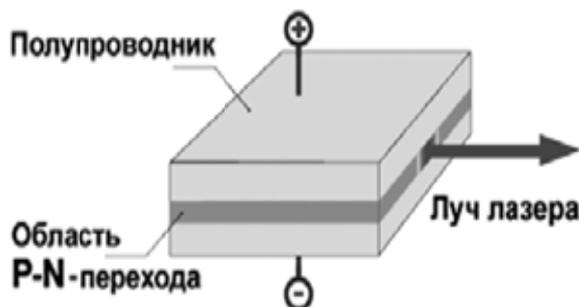


Рис. 1. Устройство полупроводникового лазера

2) CO₂ лазеры. Являются наиболее распространенными в металлургии. Лазерный луч в них генерируется в вакууме с газом CO₂. Конструктивно представляет из себя трубку, заполненную газом при низком давлении и расположенную между двумя зеркалами, через которые выводится излучение (рис.2). Преимуществом данного лазера является малая расходимость луча, что позволяет

располагать источник излучения на нужном расстоянии без потери качества самого луча. Это позволяет производить обработку неровных поверхностей.



Рис. 2. Устройство СО₂ лазера

3) Волоконно-оптические лазеры. Являются одними из передовых. Данный вид лазеров имеет высокую экономическую эффективность, низкую стоимость и малые размеры. Отличается временной и пространственной стабильностью излучения. Конструктивно состоит из зеркал и трубки, в состав которой входит модуль накачки, световод и резонатор (рис.3). Световод содержит в себе оптическое волокно и волноводы. Стеклянная область имеет воздушное или водяное охлаждение. Из недостатков можно отметить то, что волоконный лазер имеет низкую стабильность поляризации. В диапазоне 0,7-1,0 мкм заменить полупроводниковый твердотельный лазер на волоконно-оптический невозможно.

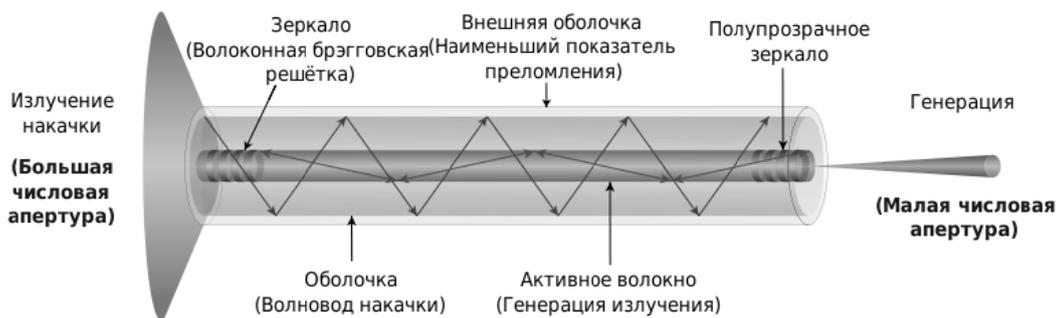


Рис. 3. Устройство волоконно-оптического лазера

Рассмотрим общие преимущества и особенности всех видов лазерной резки металлов. К преимуществам можно отнести следующие моменты:

- а) лазерные станки обладают высокой точностью резки;
- б) благодаря бесконтактной работе не происходит износа оборудования, а также минимизируется возможность загрязнения металла;
- в) малая околошовная зона, за счет чего уменьшается вероятность коробления металла;
- г) в большинстве случаев лазерные станки полностью закрыты, что существенно снижает возможность аварии и повышает безопасность производства;
- д) возможность работы с твердыми сплавами;
- е) высокая скорость обработки тонколистового металла;
- ж) возможность вырезать самые различные формы.

Из недостатков можно выделить следующее:

- а) высокая стоимость оборудования;
- б) малая эффективность во время работы с материалом, обладающим высоким отражающим свойством;
- в) максимально возможная толщина разрезаемого металла не превышает 20 мм.

При сравнении возможностей лазеров необходимо выделить, что использование того или иного вида лазера в первую очередь зависит от толщины и вида металла. Например, при резке волоконно-оптическим лазером с увеличением толщины металла увеличивается и шероховатость кромок. Волоконно-оптические лазеры имеют бесспорное преимущество при обработке материалов толщи-

ной до 3-х миллиметров. Лазеры CO₂ имеют преимущество в качестве при резке более толстых материалов.

Рассмотрим экономические аспекты использования оборудования лазерной резки. Современные излучатели обладают большим ресурсом (более 100 тысяч часов) при относительно малых затратах, а также практически нулевыми эксплуатационными затратами. Для подготовки помещения и пуска наладки требуется минимальное количество времени и затрат, поскольку все процессы от доставки до запуска занимают всего несколько часов. Большим преимуществом является возможность переориентации производства при диверсификации. За счет этого оборудование становится ликвидным и не теряет свою ценность. Также стоит отметить возможность наращивания мощностей производства за счет установки дополнительных блоков накачки, которые увеличат первоначальную мощность лазера. В волоконно-оптических лазерах существует возможность транспортировки излучения по оптическому кабелю до 90 метров, что позволяет дополнительно упростить проектирование технологической системы.

При резке углеродистой стали чаще всего применяют такой вспомогательный газ как кислород. Благодаря его взаимодействию с нагретым металлом происходит реакция окисления железа, что приводит к высокому качеству торцевой поверхности. Проблемы могут возникать при низкой скорости резки (менее 0,6 м/мин). При этом происходит нагрев и воспламенение за территорией воздействия луча, что приводит к увеличению ширины реза и шероховатости. Для качественной резки нержавеющей стали необходимо использовать азот при повышенном давлении, так как за счет этого минимизируется количество тугоплавких оксидов, уменьшается процесс зашлаковывания реза. При резке алюминия, алюминиевых сплавов, латуни и меди требуются более мощные излучатели, так как данные материалы обладают высокой теплопроводностью и низкой поглощательной способностью лазерного излучения. В таблице 1 представлены толщины листов, разрезаемых лучом мощностью 5 кВт.

Таблица 1

Толщины листов, разрезаемых лазерной резкой	
Вид металла	Толщина, мм
Сталь (легированная и углеродистая)	40
Сталь нержавеющая	25
Сплавы алюминия	12
Медь	5
Латунь	12

Главными параметрами процесса резки, которые влияют на качество, ширину реза, ширину термического воздействия являются:

- мощность,
- скорость резки,
- диаметр фокусного пятна,
- давление газа, при его наличии,
- частота повтора импульса (при импульсном режиме),
- длительность импульса (при импульсном режиме),
- средняя мощность (при импульсном режиме).

Все рассмотренные показатели указывают на успешное развитие данной технологии. Лазерная резка заняла прочную позицию среди остальных методов обработки металлов. Продукция, изготавливаемая на лазерных станках, отличается высокой экономической целесообразностью. Главным минусом на сегодняшний день остается цена данного оборудования. Но данные затраты быстро окупаются благодаря качеству выпускаемых изделий.

Литература

1. Лахтин Ю.М. Основы металловедения/ Ю.М. Лахтин. - М.: Металлургия, 1988. – 320 с.
2. Автоматизация металлургических производств. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие, Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
3. Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Михальченко Е.С. Автоматизация технологических процессов и производств (в металлургии), Магнитогорск: МГТУ, 2009. — 157 с.

4. Павлов Е.В. Исследование термомеханических процессов резания деталей погружных пневмоударников // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 5. 2014. – С. 150-158.
5. Павлов Е.В. Установление зависимости параметров механической обработки на показатели качества деталей с покрытиями // Известия Юго-Западного государственного университета, № 1, 2013. – С. 82-84.
6. Павлов Е.В. Исследование технологий механической обработки гетерофазных покрытий при упрочнении и восстановлении деталей машин и оборудования / Е.В. Павлов, Д.Ю. Лунин // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VIII межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2011. – С. 79-84.
7. Электронный ресурс: www.osvarke.ru
8. Банов М.Д., Масаков В.В. Специальные способы сварки и резки. М.: Издательский центр Академия, 2009. – 208 с.
9. Григорьянц А.Г., Соколов А.А. Лазерная резка металлов. М.: Высш. шк., 1988. – 127 с.

РАСЧЕТ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ МЕДНОЙ ПОЛОСЫ

К.Г. Бахадиров, А.В. Стулов

*Ташкентский государственный технический университет
100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2, тел. (8371) 246-46-00*

E-mail: bahadirov@mail.ru

В качестве расчетной базы использованы технологическая схема и режимы прокатки по действующей технологической инструкции прокатного производства АО «Узметкомбинат» для симметричной прокатки.

С целью оценки загруженности реверсивного стана осуществлен простой и оперативный расчет силовых параметров прокатки (усилие и момент прокатки) медной полосы профилеразмером от 17,9 до 3,0 мм и с 3,0 до 0,5 мм по трем позициям:

1. Расчет усилия и момента симметричной прокатки при обжатиях по технологической инструкции прокатного производства АО «Узметкомбинат» за 9 и 7 проходов соответственно;
2. Расчет усилия и момента симметричной прокатки при обжатиях, обеспечивающих прокатку металла за 7 и 5 проходов, с учетом соблюдения схемы обжатий по проходам, рекомендованной в [1];
3. Расчет усилия и момента ассиметричной прокатки при обжатиях, обеспечивающих прокатку металла за 7 и 5 проходов, с учетом соблюдения схемы обжатий по проходам.

Критические условия (согласно предоставленным техническим характеристикам реверсивного стана) - максимальное усилие прокатки – 500 тс. Расчет по первой позиции необходим, чтобы определить приемлемость и погрешность методики расчета Б.В. Кучеряева [2].

Произведем расчет прокат для первой позиции: Исходные данные для проката рулона № 140232: Из работы [3] коэффициенты $a=10,13$; $b=0,229$.

$$h_0 = 17,9 \text{ мм}, h_1 = 3,0 \text{ мм}, R = 256 \text{ мм}$$

Технологическая схема симметричной прокатки приведена в табл.1 и табл.2.

Таблица 1

Технологическая схема прокатки с размера 17,9 до размера 3,0 мм
(фактические данные, полученные экспериментальным путем).

Толщина полосы, мм		Натяжение моталки, т		Давление на валки, т
начальная	конечная	переднее	заднее	
17,9	14,8	12	1,4	208
14,8	12,0	12	4,2	323
12,0	9,3	12	3,1	354
9,3	7,0	12	4,0	404
7,0	5,1	12	3,7	416
5,1	3,9	3,3	3,3	372
3,9	3,0	3,3	3,3	336

Таблица 2

Технологическая схема прокатки с размера 3,0 до размера 0,5 мм
(фактические данные, полученные экспериментальным путем).

Толщина полосы, мм		Натяжение моталки, т		Давление на валки, т
начальная	конечная	переднее	заднее	
3,0	2,5	3,307	2,091	131
2,5	2,1	3,306	3,307	169
2,1	1,7	3,107	3,206	160
1,7	1,4	2,802	3,107	162
1,4	1,1	2,606	2,806	157
1,1	0,9	2,405	2,606	147
0,9	0,7	2,204	2,405	140
0,7	0,6	1,954	2,204	130
0,6	0,5	1,804	2,004	120

Расчет параметров для 1-го прохода (с 17,9 до 14,8 мм)

$$\Delta h = h_0 - h_1 = 17,9 - 14,8 = 3,1 \text{ мм} ;$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \cdot 100\% = \frac{3,1}{17,9} \cdot 100\% = 17,3\% ;$$

$$l_{\text{д}} = \sqrt{R \cdot \Delta h - \frac{\Delta h^2}{4}} = \sqrt{256 / 2 * 3,1 - \frac{3,1^2}{4}} = 19,86 ;$$

$$\sigma_s = \sigma_0 + a\varepsilon^b = 70 + 10,13 * 17,3^{0,229} = 89,5 ;$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_0 + h_1}{2} = \frac{17,9 + 14,8}{2} = 16,35 ;$$

$$m = \frac{l_{\text{д}}}{h_{\text{ср}}} = \frac{19,86}{16,35} = 1,2146 ;$$

$$\mu_T = \frac{2\varepsilon}{(2 - \varepsilon)m} = \frac{2 \cdot 0,173}{(2 - 0,173) * 1,2146} = 0,1561 ;$$

$$\mu_p = \frac{\mu_T m^z}{1 + \mu_T m} = \frac{0,1561 \cdot 1,2146^{0,4}}{1 + 0,1561 \cdot 1,2146} = 0,1418 ;$$

$$\xi_{\text{пер}} = \frac{\sigma_{\text{пер}}}{\sigma_T^1} = \frac{12}{89,5} = 0,1341 ;$$

$$\xi_{\text{задн}} = \frac{\sigma_{\text{задн}}}{\sigma_T^0} = \frac{1,4}{70} = 0,0200 ;$$

$$\text{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\Delta h}{2l_{\text{д}}} = \frac{3,1}{2 \cdot 19,86} = 0,078 ;$$

$$\alpha = \text{arctg} \frac{2l_{\text{д}}}{2R - \Delta h} = \text{arctg} \frac{2 \cdot 19,86}{256 - 3,1} = 0,1558 ;$$

$$h_u = h_1 + \frac{\Delta h}{2} \left(1 - \frac{\text{tg} \frac{\alpha}{2}}{\mu_p} \right) + \frac{\text{tg} \frac{\alpha}{2} (\xi_{\text{пер}} \cdot h_1 - \xi_{\text{задн}} \cdot h_0) \sqrt{3}}{4\mu_T} =$$

$$= 17,9 + \frac{3,1}{2} \left(1 - \frac{0,078}{0,1418} \right) + \frac{0,078(0,1341 * 14,8 - 0,02 * 17,9) * \sqrt{3}}{4 * 0,1561} = 15,849 ;$$

$$\tau_T = \frac{\sqrt{\sigma_1 \sigma_{10}}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{70 * 89,5}}{\sqrt{3}} = 45,689$$

$$\tau^n = \frac{\tau_T \left(2 \ln \frac{h_0}{h_1} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) + \sigma_{задн} - \sigma_{неп}}{\left(1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \right) \ln \frac{h_0 \cdot h_1}{h_n^2}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{45,689 \left(2 \ln \frac{17,9}{14,8} + 0,078 \right) + 12 - 1,4}{(1 + 0,078^2) \ln \left(\frac{17,9 * 14,8}{15,849^2} \right)} 0,078 = 15,091;$$

$$l_H = \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{h_H - h_1}{2} \right)^2} = \sqrt{256^2 - \left(256 - \frac{17,9 - 14,8}{2} \right)^2} = 11,5776$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{2l_H}{2R - h_H + h_1} = \operatorname{arctg} \frac{2 * 11,5776}{256 - 17,9 + 14,8} = 0,0906$$

$$P = \alpha R \frac{\tau^n}{\mu_p} = 0,1558 * 0,256 * \frac{15,091}{0,1418} = 2,12 \text{ МН} = 212 \text{ т}$$

Расчет остальных проходов рассчитан в программе Excel. Результаты расчета по 9-ти проходам представлены в табл. 3.

Аналогично произведем расчет для проката медной полосы с размера от 3,0 до 0,5 мм. Результаты расчета за 7 проходов представлены в табл. 4.

Расхождение с расчетом фактических показателей давления металла на валки прокатного стана составляет 2 – 20 %. Максимальный момент прокатки не превышает предельно допустимого показателя.

Анализируя результаты прокатки и данных таблиц 3 и 4 можно сделать вывод, что предложенная методика приемлема и может быть применена для расчета прокаток.

Таблица 3

Силовые условия при симметричной прокатке медной полосы с размера 17,9 до размера 3,0 мм.

h ₀ , мм	H, мм	Δh, мм	Обжатие, %	Натяжение металла		Предел текучести		Проекция дуги захвата, мм	Угол захвата	Высота нейтрального сечения, мм	Расчетное давление металла на прокатные валки, МН	Расчетное давление металла на прокатные валки, т	Фактическое давление металла на валки, т	Отклонение расчетного давления от фактического, %
				переднее	заднее	начальный	конечный							
17,9	14,8	3,1	17,3	12	1,4	70,0	89,5	19,8594	0,1558	15,8493	2,12	212	208	-2,0
14,8	12,0	2,8	18,9	12	4,2	89,5	109,3	18,8796	0,1480	12,7969	2,50	250	323	22,7
12,0	9,3	2,7	22,5	12	3,1	109,3	130,0	18,5412	0,1454	10,0844	3,12	312	354	11,9
9,3	7,0	2,3	24,7	12	4	130,0	151,1	17,1195	0,1341	7,6605	3,41	341	404	15,7
7,0	5,1	1,9	27,1	12	3,7	151,1	172,7	15,5659	0,1219	5,6619	3,67	367	416	11,7
5,1	3,9	1,2	23,5	3,3	3,3	172,7	193,6	12,3790	0,0969	4,2398	3,19	319	372	14,3
3,9	3,0	0,9	23,1	3,3	3,3	193,6	214,3	10,7237	0,0839	3,2654	3,08	308	336	8,3

Таблица 4

Силловые условия при симметричной прокатке медной полосы
с размера 3,0 до размера 0,5 мм.

h ₀ , мм	H, мм	Δh, мм	Обжатие, %	Натяжение моталки		Предел текучести		Проек- ция дуги захва- та, мм	Угол захва- та	Высота нейтраль- ного сечения, мм	Расчет- ное дав- ление металла на про- кат-ные валки, МН	Расчет- ное дав- ление металла на про- кат-ные валки, т	Факти- ческое давле- ние ме- талла на вал- ки, т	Отклоне- ние рас- четного давления металла на валки от факти- чес-кого, %
				переднее	заднее	начальный	конечный							
3,0	2,5	0,5	16,7	3,307	2,091	90,0	109,3	7,9961	0,0625	2,6549	1,06	106	131	18,7
2,5	2,1	0,4	16,8	3,306	3,307	109,3	128,6	7,3291	0,0573	2,2072	1,13	113	169	33,0
2,1	1,7	0,4	17,8	3,107	3,206	128,6	148,2	6,8794	0,0538	1,8255	1,26	126	160	21,2
1,7	1,4	0,3	18,1	2,802	3,107	148,2	167,9	6,2973	0,0492	1,4992	1,33	133	162	17,8
1,4	1,1	0,3	20,0	2,606	2,806	167,9	188,0	5,9850	0,0468	1,2124	1,47	147	157	6,4
1,1	0,9	0,2	19,5	2,405	2,606	188,0	208,0	5,2813	0,0413	0,9757	1,45	145	147	1,4
0,9	0,7	0,2	18,8	2,204	2,405	208,0	227,8	4,6640	0,0364	0,7907	1,41	141	140	-1,0

Анализируя силловые условия симметричной прокатке медной полосы, приведенные в табл.3 и табл.4 можно сделать вывод, что нагрузка прокатного стана составляет (30÷80)% от номинальной при прокате полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм и (30÷40)% от номинальной при прокате полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм.

Используя, методику расчета силловых условий описанной ранее, произведем оценку загрузки реверсивного стана по усилию и моменту симметричной прокатки при обжатиях, обеспечивающих прокатку металла за 7 и за 5 проходов, с учетом соблюдения схем обжатий по проходам, рекомендованной по 1-му этапу настоящей работы.

Расчет проходов при прокате полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм рассчитан в программе Excel. Результаты расчета по 7-ми проходам представлены в табл. 5.

Аналогично произведем расчет для проката медной полосы с размера от 3,0 до 0,5 мм. Результаты расчета за 5-ть проходов представлены в табл. 6.

Из оценки расчетных результатов симметричной прокатке медной полосы, приведенные в табл.5 и табл.6 следует, что нагрузка прокатного стана будет составлять не более 85% от номинальной при прокате полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм и не более 50% от номинальной при прокате полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм.

Таблица 5

Расчетные силловые условия при симметричной прокатке медной полосы
с размера 17,9 до размера 3,0 мм за 7 проходов.

h ₀ , мм	H, мм	Δh, мм	Обжатие, %	Натяжение моталки		Предел текучести		Проек- ция ду- ги за- хвата, мм	Угол захва- та	Высота нейтраль- ного сече- ния, мм	Расчетное давление металла на про- катные валки, МН	Расчетное давление металла на прокатные валки, т
				перед- нее	зад- нее	на- чаль- ный	ко- неч- ный					
17,9	14,8	3,1	17,3	12,026	1,403	70,0	89,5	19,8594	0,1558	15,8501	2,12	212
14,8	12,0	2,8	18,9	12,021	5,146	89,5	109,3	18,8796	0,1480	12,7635	2,45	245

h ₀ , мм	H, мм	Δh, мм	Обжатие, %	Натяжение моталки		Предел текучести		Проекция дуги захвата, мм	Угол захвата	Высота нейтрального сечения, мм	Расчетное давление металла на прокатные валки, МН	Расчетное давление металла на прокатные валки, т
				переднее	заднее	начальный	конечный					
12,0	9,3	2,7	22,5	12,026	3,724	109,3	130,0	18,5412	0,1454	10,0699	3,08	308
9,3	7,0	2,3	24,7	12,021	4,995	130,0	151,1	17,1195	0,1341	7,6453	3,36	336
7,0	5,1	1,9	27,1	12,024	3,917	151,1	172,7	15,5659	0,1219	5,6599	3,66	366
5,1	3,9	1,2	23,5	3,306	3,307	172,7	193,6	12,3790	0,0969	4,2398	3,19	319
3,9	3,0	0,9	23,1	3,307	3,307	193,6	214,3	10,7237	0,0839	3,2654	3,08	308

Таблица 6

Расчетные силовые условия при симметричной прокатке медной полосы с размера 3,0 до размера 0,5 мм за 5 проходов.

h ₀ , мм	H, мм	Δh, мм	Обжатие, %	Натяжение моталки		Предел текучести		Проекция дуги захвата, мм	Угол захвата	Высота нейтрального сечения, мм	Расчетное давление металла на прокатные валки, МН	Расчетное давление металла на прокатные валки, т
				переднее	заднее	начальный	конечный					
3,0	2,2	0,8	26,7	3,3	2	90,0	111,5	10,1114	0,0791	2,4478	1,46	146
2,2	1,4	0,8	36,4	3,1	3	111,5	134,6	10,1114	0,0791	1,6493	1,96	196
1,4	1,0	0,5	32,1	2,6	2,8	134,6	157,0	7,5861	0,0593	1,0983	1,73	173
1,0	0,7	0,3	29,7	2,4	2,6	157,0	179,0	6,0063	0,0469	0,7649	1,58	158
0,7	0,5	0,2	25,1	2,2	2	179,0	200,2	4,6365	0,0362	0,5600	1,34	134

Таким образом, загрузка прокатного стана при сокращении количества проходов на 2 (с 9 до 7) при сохранении суммарного обжатия холодной прокатки медной полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм не будет превышать 85 %.

При сокращении количества проходов с 7 до 5 при сохранении суммарного обжатия холодной прокатки медной полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм загрузка прокатного стана не будет превышать 50 %.

Для наглядного сравнения построим графическую зависимость давления металла на валки по проходам при прокате полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм по действующей технологической схеме за 9 проходов и сокращенной за 7 проходов (рис.1).

Графическая зависимость давления металла на валки по проходам при прокате полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм по действующей технологической схеме за 9 проходов и сокращенной за 5 проходов приведена на рис.2.

Проведенный расчет усилия и момента симметричной прокатки при обжатиях по технологической инструкции за 9 проходов для проката полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм и за 7 проходов для проката полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм показал незначительные расхождения с фактическими показателями давления металла на валки прокатного стана (2÷20 %). При этом максимальный расчетный момент проката не превышает предельно допустимого критического значения.

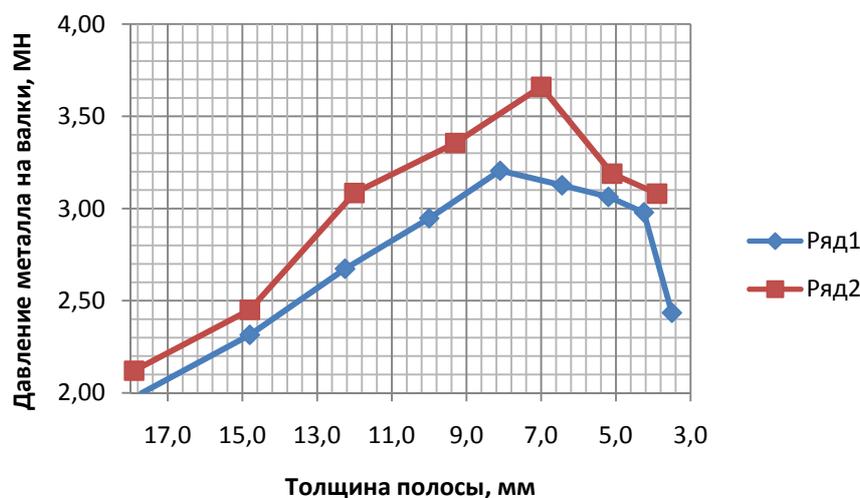


Рис. 1. Давления металла на валки по проходам при прокате полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм по действующей технологической схеме за 9 проходов (ряд1) и сокращенной за 7 проходов (ряд 2)

Погрешность является предельно допустимой, т.к. на практике на усилия и момент проката может влиять большое количество показателей. Таким образом, предложенная методика по расчету Б.В. Кучеряева приемлема и может быть пригодна для расчета момента и усилия проката.

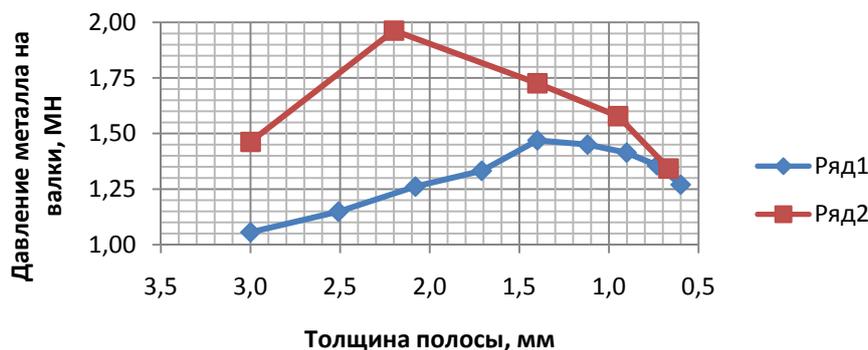


Рис. 2. Давления металла на валки по проходам при прокате полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм по действующей технологической схеме за 9 проходов (ряд1) и сокращенной за 5 проходов (ряд 2).

Проведенный расчет усилия и момента симметричной прокатки при обжатиях, обеспечивающих прокатку металла за 7 проходов с толщины 17,9 до 3,0 мм с учетом соблюдения схемы обжатий по проходам, рекомендованной ранее, показал, что нагрузка прокатного стана не будет превышать 85 %, а при прокате полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм за 5 проходов не будет превышать 50 %.

Литература.

1. Бахадиров К.Г. Асимметричная прокатка медной полосы. Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 502 с. С. 73-75.
2. Кучеряев Б.В. Механика сплошных сред. (Теоретические основы обработки металлов давлением). Учебник для вузов. М.: МИСиС. 2000. -320 с.
3. Смирнова Е.О. Определение диаграмм деформационного упрочнения поверхностных слоев металлических материалов по результатам испытаний на вдавливание и царапание индентором Берковича. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011, № 4 (2), с. 533–534.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ПОДАЧИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТРУКТУР ПРИ ПОСЛОЙНОМ ЛАЗЕРНОМ СИНТЕЗЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*О.И. Гринин, вед инж., Е.А. Валдайцева, ст. преп., И.Т. Ласота, инж.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29, тел (812)297-98-00; (812)552-98-43
E-mail: rgltc@mail.ru; i.lasota@ltc.ru*

Введение

Аддитивное производство получает все большее внедрение в различных отраслях промышленности. Одной из его разновидностей является технология послойного синтеза [1]. Основными тенденциями развития технологий послойного синтеза металлических изделий в настоящее время являются повышение качества и сложности выращиваемых изделий. SLM (Selective Laser Melting/Селективное лазерное плавление) технологии позволяют создавать изделия из функционально-градиентных материалов (ФГМ) [2-3], характеризующиеся непрерывным изменением характеристик, в качестве которых могут выступать химический состав, морфология или кристаллическое строение, от одной поверхности изделия к другой.

Дальнейшее развитие SLM-технологии невозможно без разработки и изготовления специализированного оборудования для её реализации [4,5]. SLM установки, на которых возможно изготавливать изделия из ФГМ от обычных SLM установок отличаются системой подачи металлического порошка (насыпное устройство), обеспечивающей формирование в слое гетерогенных порошковых структур из двух разных металлов/сплавов с расположением каждого металла/сплава в заданных плоскостных координатах.

Разработка способов формирования гетерогенных порошковых структур и оборудования для его реализации обеспечат возможность комбинации материала в процессе послойного лазерного синтеза и изготовление полиметаллических изделий [6,7].

Основные перспективы практического использования разработок:

- Получение градиентных структур при послойном выращивании;
- Повышение прочностных характеристик, при одновременном уменьшении веса и габаритов изделий;
- Повышение жаростойкости, износостойкости, коррозионной стойкости изделий.

Тепломассоперенос при послойном лазерном синтезе на границе раздела материалов.

На основании теоретических исследований процессов тепломассопереноса и смешения материалов при послойном лазерном синтезе на границе раздела областей, формируемых из различных порошков определен размер переходной зоны в вертикальном направлении порядка нескольких десятых миллиметра в горизонтальном порядке долей миллиметра, исходя из чего разрешение устройств подачи порошка должно быть порядка одного миллиметра.

При послойном лазерном синтезе предполагается нанесение тонкого уплотненного слоя порошка толщиной в несколько характерных размеров частиц порошка [8]. Для получения однородного изделия необходимо обеспечить проплавление материала на всю толщину слоя, а также надежное сцепление между слоями. Тогда тепловую задачу можно описать как двумерную, для которой температурное поле определяется подобно температурному полю в пластине, создаваемом линейным источником тепла. В случае использования различных порошков (разнородных материалов) в одном

слое ситуация может быть также смоделирована как результат воздействия лазерного излучения на пластину, составленную из разнородных материалов (Рисунок 1).

Для учета особенностей переноса тепла в слоях насыпанных порошков примем, что они характеризуются «условными» теплофизическими характеристиками, учитывающими малость реальных контактных поверхностей между порошинками, и пренебрежем их изменением при плавлении. Тогда на границе раздела сред должны выполняться условия непрерывности поля температур и непрерывного теплового потока:

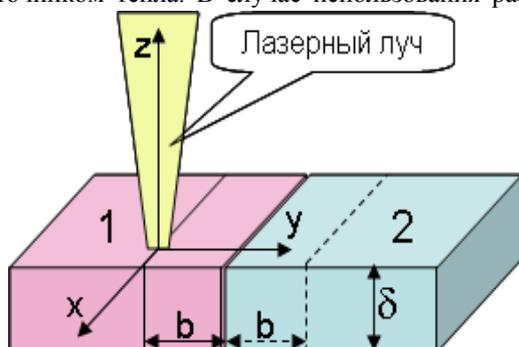


Рис. 1. Схема движения источника тепла

$$T_1|_{y=b} = T_2|_{y=b} \quad \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y}|_{y=b} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y}|_{y=b} \quad (1)$$

где T_1 , λ_1 и T_2 , λ_2 тепловые поля и коэффициенты теплопроводности в 1-ом и 2-ом материале соответственно.

Для решения тепловой задачи мы воспользовались фундаментальными решениями уравнения теплопроводности. Для 1-й среды тепловое поле определялось в виде суперпозиции тепловых полей от истинного источника тепла, движущегося в среде (1) и «отраженного источника», движущегося симметрично «истинному» относительно границы раздела. Во второй среде тепловое поле было найдено как поле источника, удаленного от границы раздела влево на некоторое расстояние «с». Поскольку нельзя получить точное решение при любом значении «х», мы ограничились областью $x = 0$ и $x = 1$, где l – величина порядка длины ванны расплава, что позволит минимизировать ошибку приближения в наиболее важной для расчета области. В результате последовательных преобразований с учетом обозначенных условий было получено приближенное решение для определения искомого расстояния:

$$c \approx 2l \frac{\chi_1 - \chi_2}{\chi_1 \chi_2} + b \frac{\chi_2}{\chi_1} \quad (2)$$

Где χ_1 , χ_2 – коэффициенты температуропроводности для двух сред.

Решение задачи об определении теплового поля во второй среде, в отличие от первой, является приближенным, пригодным для использования на больших расстояниях от теплового источника. Для определения температур в случае, когда тепловой источник движется вблизи границы раздела сред необходимо иметь точное решение тепловой задачи во второй среде. Для получения такого решения воспользуемся, как и ранее, линейной теорией теплопроводности. Тепловое поле может быть описано уравнением с граничными условиями

$$V_0 \frac{\partial T}{\partial x} = \chi \Delta T \quad T|_{y=b} = T(x) = \frac{2\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} T_1^{(0)}(x, b, z), \quad T|_{y \rightarrow \infty} \rightarrow 0, \quad T|_{x \rightarrow \pm \infty} \rightarrow 0 \quad (3)$$

где $T_1(0)$ – тепловое поле от основного источника в первой среде.

Тогда решение задачи о распределении температуры во второй среде, создаваемое источником, движущимся в первой среде параллельно границе раздела с постоянной скоростью будет представлять собой выражение:

$$T = \frac{V\lambda_1 c_2 \rho_2}{\pi\lambda_2(\lambda_1 + \lambda_2)} \int_{-\infty}^{\infty} T_1^{(0)}(x', 0, z) e^{\frac{V(x-x')}{2\chi}} \frac{y}{\sqrt{y^2 + (x-x')^2}} K_1\left(\frac{V}{4\chi} \sqrt{y^2 + (x-x')^2}\right) dx' \quad (4)$$

Для уточнения тепловой модели теплофизические свойства в зоне расплава и его поверхностное натяжение, были взяты как взвешенные значения с учетом долей участия в расплаве материалов (1) и (2). Примеры расчета теплового поля по представленной модели показаны на рисунке 2.

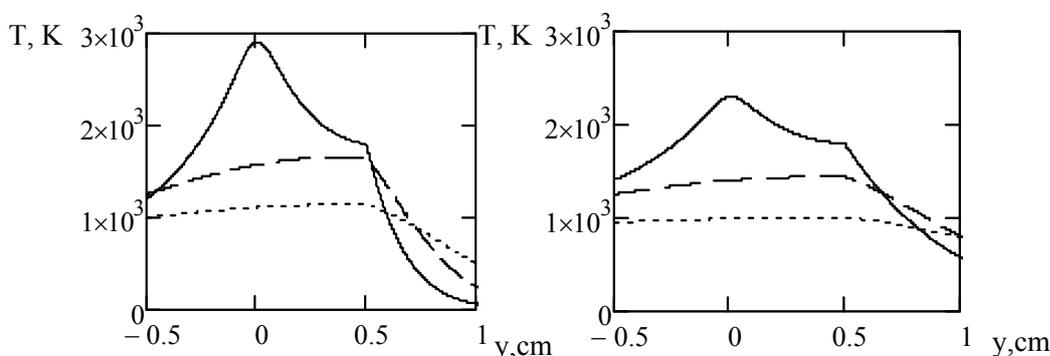


Рис. 2. Тепловое поле в зоне контакта. Сплошная линия соответствует координате «х» источника тепла, пунктирная – сдвиг назад на 1 см, точечная – на 3 см

Способы подачи порошка в процессе формирования структур

Процесс формирования гетерогенных порошковых структур из двух порошков разных металлов/сплавов может быть реализован двумя основными способами: с помощью многосопловой дозирующей системы и при использовании управляемой подачи порошков из подающих бункеров.

Последовательность формирования структур приведена на рисунках 3 и 4, соответственно.

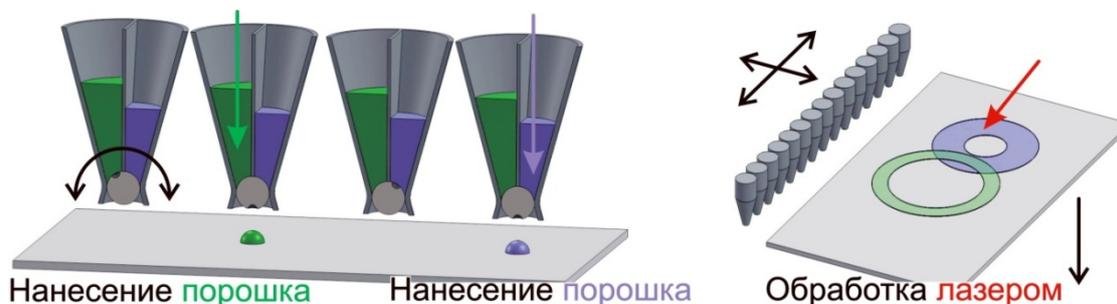


Рис. 3. Последовательность процесса формирования гетерогенных порошковых структур способом многосопловой подачи порошка

Нанесение градиентной структуры происходит при перемещении многосопловой структуры над полем построения и подачи в каждой точке требуемого порошка, после чего происходит обработка лазерным излучением.

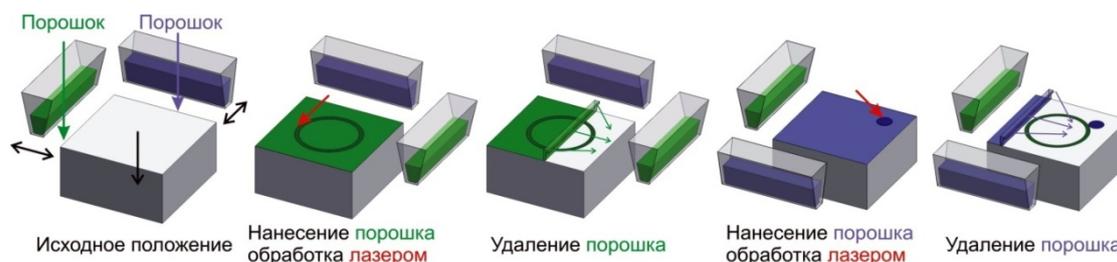


Рис. 4. Последовательность процесса формирования гетерогенных порошковых структур способом бункерной подачи порошка

При формировании структуры с применением бункерной системы процесс формирования слоя разбивается на два этапа:

- нанесение первого порошка, обработка лазерным излучением и удалением необработанного порошка
- нанесение второго порошка, обработка лазерным излучением и удалением необработанного порошка

Для выполнения операции удаления порошка устройство подачи должно содержать сборщик порошка с рабочей поверхностью области построения.

Удаление слоя порошка может быть реализовано при помощи «пылесоса» через щелевые сопловые насадки, перемещаемые на небольшой высоте (~1мм) над плоскостью построения. При их использовании трудно обеспечить равномерную характеристику сбора порошка. Это приводит к необходимости выполнять сбор порошка с большим запасом по толщине слоя, чтобы исключить образования впадин и выступов, могущих попадать в новый слой порошка из другого материала. При этом значительно увеличивается объем, как извлекаемого, так и подаваемого порошка.

В альтернативном варианте предлагается в качестве рабочего инструмента сборщика порошка использовать подвижной ротор, труба которого выполнена из пористого материала, например, из металлического спеченного порошка (рисунок 5). Во внутренней полости ротора создается разрежение и при его качении по плоскости с порошком, на частицы порошка будет воздействовать газостатическая сила, притягивающая порошинки к внешней поверхности ротора сборщика. Величина этой силы, и соответственно толщина слоя порошка, собранного на поверхности ротора пропорциональна (в первом приближении) разрежению внутри ротора сборщика (перепаду давления газа между внутренним объемом и внешней поверхностью ротора).



Рис. 5. Подвижной ротор сборщика порошка с трубой из пористого материала

При создании разрежения происходит присасывание порошка к стенке трубки, причем толщина слоя порошка (глубина отсоса порошка с рабочей поверхности области построения) пропорциональна разрежению внутри сборщика. Ротор сборщика может передвигаться по всей плоскости построения.

Давление, необходимое для удерживания порошка по поверхности ротора сборщика, первом приближении, не зависит от диаметра порошинок и вычисляется по формуле:

$$\Delta P = 4/3 * \rho * g * \Delta R \quad (3)$$

при выполнении условия $\Delta R \gg R$, где:

- ΔP – разница давлений между областью построения и внутренней полостью ротора;
- ρ – плотность порошинок;
- g – ускорение свободного падения;
- ΔR – толщина стенки ротора;
- R – радиус трубы ротора.

Следует отметить, что бункерное устройство подачи порошка обеспечивает производительность на несколько порядков выше [9].

Состав и работа

Для проведения экспериментов по сравнению двух способов разработан макет устройства подачи порошка позволяющий реализовать оба этих способа.

Основные составные части устройства подачи порошков:

- Система перемещения
- Подающее устройство

Общий вид системы перемещения представлен на рисунке 6

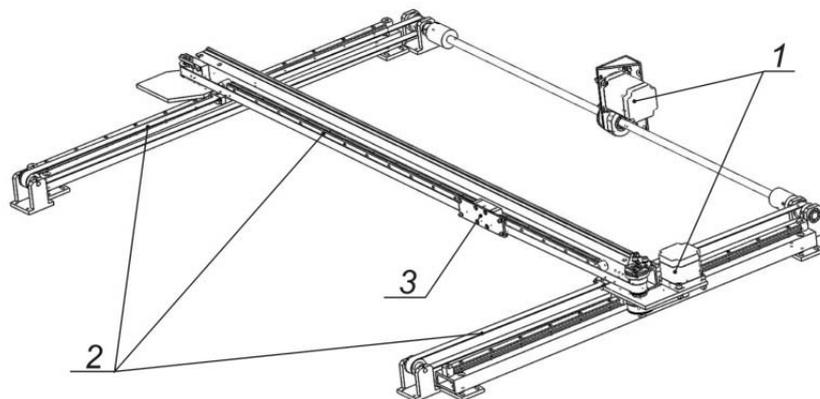


Рис. 6. Общий вид системы перемещения (1 – привода; 2 – направляющие; 3 – каретка крепления подающего устройства)

Система перемещения выполнена в виде двухкоординатного портала на базе линейных направляющих, шаговых двигателей и зубчатых ремней в качестве элементов передачи движения.

На рисунке 7 представлен вариант многосоплового устройства подачи порошков.



Рис. 7. Многосопловое устройство подачи порошка с дозирующим подающим валиком в виде набора тонких дисков(порядка 1мм), снабженных каждый индивидуально управляемым приводом, образующего многосопловую линейную систему

На рисунке 8 представлен вариант бункерного устройства подачи порошков.

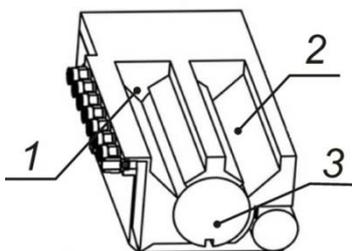


Рис. 8. Подающее бункерное устройство подачи порошка с дозирующим подающим валиком (1-первый порошок, 2- второй порошок, 3 – подающий валик)

Заключение

На основании теоретических исследований процессов тепломассопереноса и смешения материалов при послойном лазерном синтезе на границе раздела областей, формируемых из различных порошков, сформулированы технические требования к устройствам подачи порошка для применения в мультипорошковых SLM установках. Разработаны макеты устройств подачи, предназначенные для проведения экспериментальных исследований процессов формирования гетерогенных порошковых структур.

Литература.

1. Ian Gibson, David W. Rosen, Brent Stucker. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer 2010;
2. Additive manufacturing: opportunities and constraints. A summary of a roundtable forum held on 23 May 2013 hosted by the Royal Academy of Engineering, Royal Academy of Engineering, November 2013, 21p;
3. Mohammad Vaezi, Srisit Chianrabutra, Brian Mellor, Shoufeng Yang. Multiple Material Additive Manufacturing – Part 1: A Review. 71p;
4. Yadroitsev I, Bertrand P. Selective laser melting in micro manufacturing. Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium, Volume 21, No. 1, 2010, pp
5. David Espalin, Jorge Ramirez, Francisco Medina, Ryan Wicker. Multi-Material, Multi-Technology FDM System. 2012. SFF Symposium. Austin, Texas, USA, pp828-835;
6. E.L. Doubrovski, A. Cencen, S. M. van Bennekom, J.C.Verlinden, J.M.P. Geraedts. Challenges in Design & Digital Fabrication of Embedable Electronics and Freeform Surface Interfaces, 9p;
7. Wei Gao, Yunbo Zhang, Devarajan Ramanujan, Karthik Ramani, Yong Chen, Christopher B. Williams, Charlie C.L. Wang, Yung C. Shin, Song Zhang, Pablo D. Zavattieri. The status, challenges, and future of additive manufacturing in Engineering. Computer-Aided Design, Volume 69, December 2015, pp 65-89;
8. Konrad Bartkowiak, Sven Ullrich, Thomas Frick, Michael Schmidt. New Developments of Laser Processing Aluminium Alloys via Additive Manufacturing Technique. Physics Procedia 12 (2011) pp 393–401;
9. I. Gibson I D., W. Rosen I B., Stucker. Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, 2010, p116;
10. M. Ott, M. F. Zaeh. Multi-Material Processing in Additive Manufacturing SFF Symposium 21 Proceedings International SFF Symposium, Austin, Texas, USA (2010), pp195-203

ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ СНЯТИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ

Л.Г. Деменкова, ст.пр., А.В. Судариков, студент группы 10А52
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (384-51)-6-44-32
E-mail: lar-dem@mail.ru

Под коррозией понимают разрушение твердых тел под действием химических и электрохимических процессов, развивающихся на их поверхности тела в результате влияния внешних условий. Следствием коррозии являются опасные и дорогостоящие повреждения различных промышленных объектов – мосты, общественные здания, сооружения. Коррозия металла происходит непрерывно – от момента изготовления изделий до их транспортировки и эксплуатации, принося огромные потери. Ущерб от коррозии определяется высокой стоимостью разрушаемых изделий. Как оценивает ряд специалистов, потери за счёт коррозии в большинстве стран с развитой промышленностью составляют 2–4 % валового внутреннего продукта, что соответствует 10–20 % годового производства стали [1]. Только в США на борьбу с коррозией затрачивается около 276 млрд. долл. в год [2]. Несмотря на большое количество работ, посвящённых изучению методов борьбы с коррозией, на наш взгляд, недостаточно изученными остаются вопросы электрохимического пассивирования металлов, для рассмотрения которых используют *метод снятия поляризационных кривых*.

Процесс коррозионного разрушения металлов основан на химической реакции, учитывающей взаимодействие разрушаемого материала и внешней среды. В среде влажного воздуха реакция выражается уравнением:



При этом анодный процесс соответствует реакции:



а катодный процесс – реакции:



На практике наблюдается торможение анодного процесса, обусловленное явлениями поляризации и приводящее к состоянию пассивности металла, т.е. его достаточно высокой стойкости к коррозии. Пассивация характерна для всех конструкционных металлов – железа, хрома, никеля, титана, алюминия, магния и др. Химическое пассивирование происходит при контакте металла и сильного окислителя, например, кислорода, пероксида водорода, хромат-анионов CrO_4^{2-} , бихромат-анионов $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, и др. Пассивности металла можно добиться, смещая его электродный потенциал в положительную область при помощи внешнего источника тока. Процесс сопровождается регистрацией кривой анодной поляризации (рис.1), которая выражает зависимость потенциала E от плотности тока или логарифма плотности тока $\lg i$ [3]. На кривой можно выделить следующие области: I – активное растворение металла, при этом вблизи точки экстремума возрастает возможность адсорбции O_2 на определенных точках поверхности металла, в которых анодная реакция тормозится за счёт формирования защитной пленки оксидного или адсорбционного типа, если металл в принципе способен к пассивации в данных условиях. В области II происходит формирование пассивного состояния, характеризующееся потенциалом пассивации $E_{\text{кр}}$; при этом на поверхности металла образуется плёнка из оксидов, например, Fe_2O_3 , Fe_8O_{11} , а также адсорбированного O_2 и др. Область пассивности, обозначенная как III, соответствует минимальной скорости анодной реакции и определяется потенциалом полной пассивации $E_{\text{п.п.}}$. Если в среде, в которой происходит коррозии, находятся некоторые ионы, в частности, анионы Cl^- , пассивное состояние может прекратиться вследствие разрыва сформированной защитной пленки, и наблюдается питтинговая коррозия металла. В области IV происходит так называемая перепассивация, когда скорость анодного растворения металла снова увеличивается.

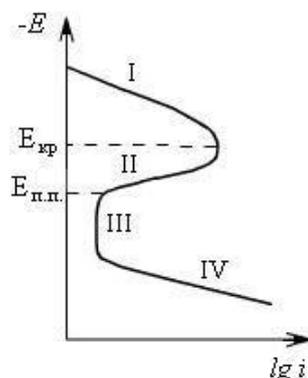


Рис. 1. Типичная анодная поляризационная кривая

Таким образом, явление пассивации состоит в том, что по достижении определенного значения потенциала

скорость анодного растворения металла резко падает. Металл переходит в так называемое пассивное состояние. Практическое значение пассивации исключительно велико, т.к. все конструкционные металлы без их самопроизвольного пассивирования подвергались бы быстрой коррозии не только в агрессивных химических средах, но и во влажной земной атмосфере или пресной воде. Природа этого явления до конца не выяснена, но основной причиной можно, по-видимому, считать образование различного рода оксидных или солевых пленок. Большое влияние на коррозию металлов оказывает состав электролита. В частности, известно, что концентрированная азотная и серная кислоты вызывают пассивацию алюминия, железа, хрома. Присутствие галогенид-ионов в растворе, наоборот, способствует растворению металла.

Как следует из литературных данных, наиболее подробно процесс пассивации исследован для железа в среде серной кислоты при стандартных условиях (1 атм, 25°C) [4]. Выяснено, что наиболее вероятными компонентами защитного слоя, имеющего толщину 3–5 нм, являются оксиды железа Fe_2O_3 и Fe_3O_4 , причём толщина слоя увеличивается с ростом потенциала [3,5]. Большое значение имеет введение легирующих добавок, так, стали, легированные молибденом (2–3 %), характеризуются наличием более устойчивого пассивного состояния.

Наиболее устойчивой пассивностью оксидного типа обладают титан и его сплавы. Вследствие образования на его поверхности плотной защитной пленки TiO_2 , титан в отличие от железа, никеля, хрома и нержавеющей сталей, устойчив в нейтральных и слабокислых растворах хлоридов при повышенных температурах, а также в растворах окислителей. Это определяет возможность его широкого использования в различных отраслях промышленности, где требуется высокая коррозионная устойчивость в сочетании с удельной прочностью. Явлению пассивности обязано и широкое промышленное применение алюминия. Вследствие образования на его поверхности пленки Al_2O_3 или $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, алюминий достаточно устойчив в воде, большинстве нейтральных и многих слабокислых растворах, а также в атмосфере. Защитная пленка на алюминии имеет амфотерный характер – она растворяется в сильных кислотах и щелочах.

Примером солевой пассивности является поведение цинка в атмосфере и в нейтральных водных растворах.

В данной работе была исследована коррозия различных металлов в электролите методом снятия поляризационных кривых, определены потенциалы коррозии и пассивации, величина области пассивации. В эксперименте была использована установка РМС-Х «Электрохимия», включающая потенциостат Р8-папо (рис. 2), а также графитовый электрод и хлорсеребряный электрод [2].



Рис. 2. Установка РМС-Х «Электрохимия»

В качестве рабочих электродов применяли распрямленные стальные скрепки (среднего размера, без покрытия), цинковые, алюминиевые и свинцовые пластины. Перед использованием рабочие электроды обрабатывали раствором соды (20 г/л) при нагревании для обезжиривания. В качестве электролита использовали раствор 0,05М KCl в 0,5М KOH . Для разных рабочих электродов получили поляризационные кривые, на основании которых были определены потенциал коррозии $E_{\text{кор}}$, потенциал пассивации $E_{\text{пас}}$ и величину области пассивации от потенциала полной пассивации $E_{\text{пп}}$ до потенциала пробоя, или перепассивации $E_{\text{прп}}$. Установлены закономерности изменения потенциала коррозии, потенциала пассивации и величины области пассивации в зависимости от значения стандартного электродного потенциала соответствующего металла. Поляризационные кривые для разных электродов, показывающие зависимость плотности тока от потенциала, приведены на рис. 3.

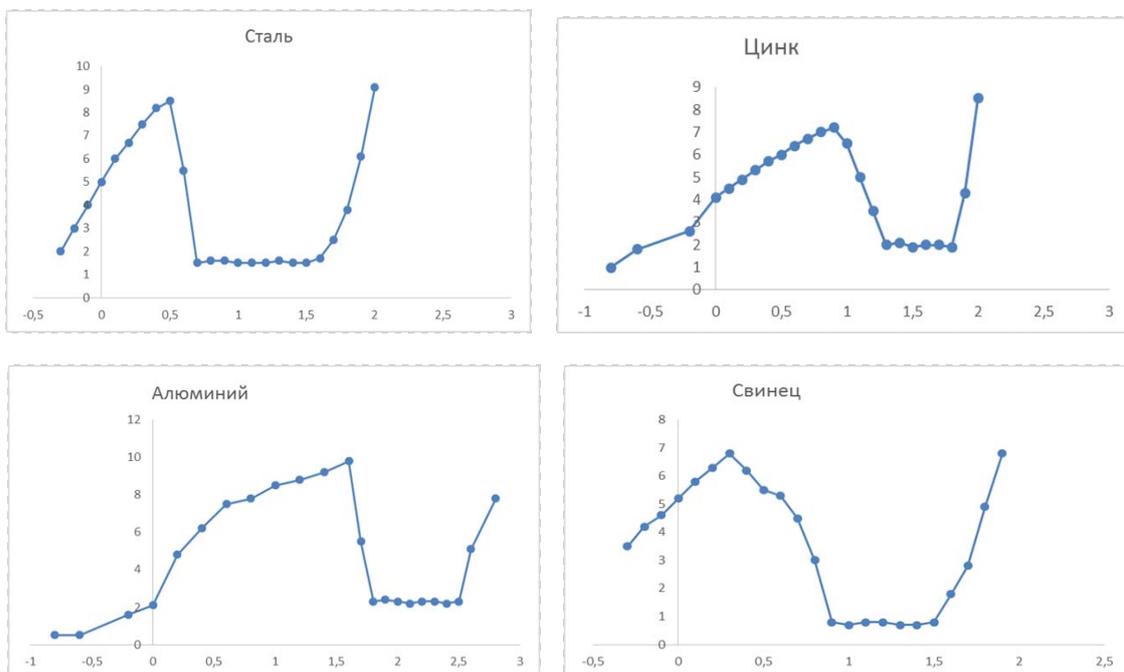


Рис. 3. Анодные поляризационные кривые

Результаты анализа анодных поляризационных кривых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа поляризационных кривых

Материал электрода	$E_{кор}, В$	$E_{пас}, В$	$E_{пп}, В$	$E_{прп}, В$
Сталь	-0,30	0,5	0,7	1,65
Цинк	-0,80	0,9	1,3	1,9
Алюминий	-0,73	1,6	1,8	2,6
Свинец	-0,30	0,4	0,9	1,6

Полученные результаты могут быть использованы при практическом применении стальных, цинковых, алюминиевых, свинцовых изделий и сплавов, содержащих данные металлы, с целью предупреждения коррозионных процессов.

Дальнейшие исследования данной проблемы будут продолжены в направлении определения влияния качественного и количественного состава электролита на электрохимическую коррозию различных металлов.

Литература.

1. Слепченко Т.В. Влияние режима электролиза [Электронный ресурс]. – <http://msd.com.ua/proizvodstvo-elektricheskix-akkumulyatorov/vliyanie-rezhima-elektroliza/>.
2. Лебедева, О.К., Культин, Д.Ю., Жилин, Д.М. Электрохимия [Текст]: Руководство для студентов. – М.: Научные развлечения, 2014. – 44 с.
3. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Пассивность и защита металлов от коррозии. – М.: Наука, 2013. – 318 с.
4. Амирханова Н.А. Потенциодинамические и коррозионные исследования новых перспективных титановых сплавов с добавлением молибдена // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2015.– Т. 19. – № 1. – С. 85–91.
5. Рыбалка К. В. Оценка коррозионного тока по результатам анализа поляризационных кривых // Электрохимия. – 2014. – Т. 50 – № 2. – С. 122–127.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ПОКРЫТИЙ СОСТАВА «ТИТАН – КАРБИД ТИТАНА» С ИЗБЫТКОМ ТИТАНА

М.Г. Кринецын, аспирант

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: krinmax@gmail.com

Износостойкие покрытия на титановые сплавы представляют большой практический интерес, так как титан и его сплавы обладают низкой износостойкостью из-за склонности к схватыванию в контактных парах практически со всеми металлическими материалами [1]. Для получения «толстых» износостойких покрытий на титан и его сплавы широко используется порошковая наплавка, причем состав порошковой присадки подбирают таким образом, чтобы получить композиционное покрытие, имеющее структуру матричного композита с дисперсными включениями частиц тугоплавких соединений (карбидов, боридов, силицидов) в титановой матрице. Особый интерес в качестве твердой и тугоплавкой упрочняющей фазы в металломатричных композитах на основе титана представляет карбид титана. Для получения наплавленных композиционных покрытий «TiC-Ti» обычно используются механические смеси порошков титана, карбида титана и графита в различных сочетаниях [2-3]. Характерно, что практически во всех описанных случаях лазерной или электронно-лучевой наплавки частицы карбида титана выпадают из расплава-раствора титан-углерод на стадии его кристаллизации при охлаждении. Поэтому контролировать морфологию, дисперсность и объемную долю карбидных включений в структуре металломатричного композита очень трудно.

Для улучшения наплавляемости к композиционным порошкам с различным содержанием титановой связки добавляли порошок титана в количестве, необходимом для получения порошковых смесей с интегральным содержанием связки 80% [4]. Микроструктура покрытий, наплавленных порошковыми смесями, содержащими композиционные порошки четырех исследованных составов, приведена на рис. 1. Структура покрытий представляет собой светло-серые частицы карбида титана, окруженные титановой связкой. Размер карбидных частиц тем меньше, чем больше титановой связки было в синтезированном порошке.

В покрытиях, наплавленных композиционным порошком с расчетным содержанием связки 30об.% Наблюдается значительная разница в размере карбидных частиц – с одной стороны это крупные (>100 мкм) пористые частицы, с другой стороны мелкие (<20 мкм) частицы в титановой связке. В связи с продолговатой формой многих мелких частиц, можно предположить, что большинство из них – титановые, с характерной для титана игольчатой формой, а зерна, имеющие более округлую форму - это карбидные зерна, отделившиеся от крупных частиц в процессе наплавления покрытия.

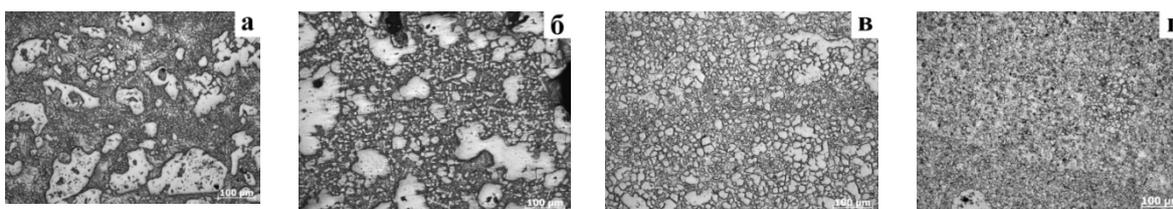


Рис. 1. Микроструктура наплавов TiC_x-Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80об.%Ti с расчетным ($x=1$) исходным содержанием титана (об.%) а) 30, б) 40, в) 50, г) 60

В покрытиях остальных составов разброс по размеру карбидных частиц не так велик. Зависимость среднего размера зерна в исследуемых наплавленных покрытиях приведена на рис. 2. Характер зависимости твердости покрытий от содержания связки в СВ-синтезированных порошках приведен на рисунке 3. Наблюдается тенденция на снижение твердости с увеличением содержания связки в порошках. Это можно объяснить, во-первых тем, что твердость нестехиометричного карбида ниже твердости стехиометричного, а с увеличением содержания связки в композиционных порошках карбид титана становится менее стехиометричным и во-вторых тем, что титановая связка обладает низкой твердостью, поэтому увеличение её содержания в композите приводит к снижению твердости в целом [5].

По результатам испытаний покрытий на абразивный износ (рис. 4) выявлена четкая корреляция структуры наплавленных покрытий с их износостойкостью. При одинаковом интегральном содержании связки в покрытиях наибольшую износостойкость имеет покрытие с дисперсными частицами карбида титана, равномерно распределенными в титановой матрице (рис. 1г).

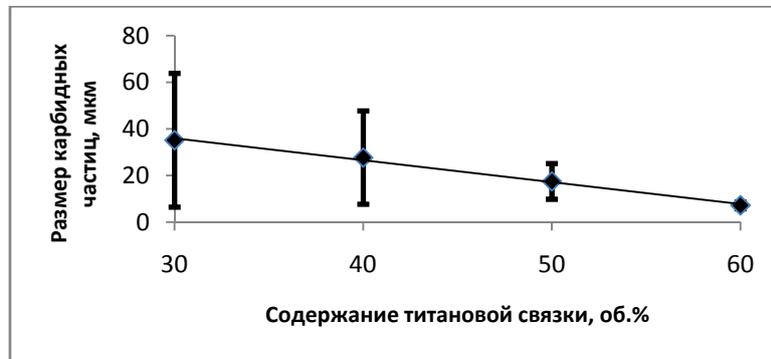


Рис. 2. Средний размер зерна в наплавках TiC+Xоб.%Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80об.%Ti

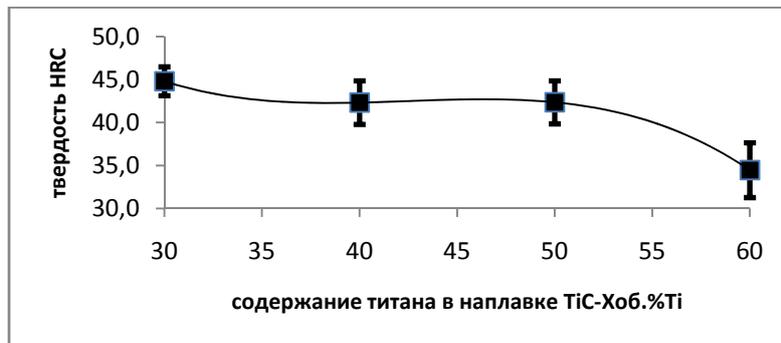


Рис. 3. Твердость наплавки TiC+Xоб.%Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80об.%Ti

Минимальную износостойкость при изнашивании кварцевым песком имеет покрытие, состоящее из крупных карбидных частиц, окруженных титановой связкой (рис. 1а).

Таким образом, при увеличении содержания титановой связки в порошковых композитах, несмотря на снижение твердости, покрытия увеличивают свою стойкость к абразивному износу. Для выяснения причин такой зависимости износостойкости от структуры требуются исследования механизма изнашивания.

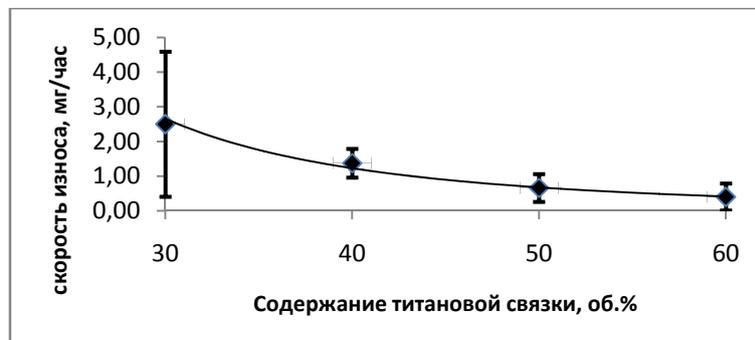


Рис. 4. Зависимость скорости износа от содержания титановой связки в наплавках TiC+Xоб.%Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80об.%Ti

С увеличением содержания титановой связки в исходных СВС-композитах, износостойкость покрытий повышается, а твердость понижается. Наиболее оптимальным составом, обладающим высокими значениями и твердости и износостойкости, являются композиционные порошки с 50 об.% связки.

Литература

1. Zwickler Ulrich, Titan und Titanlegierungen – Springer-Verlag, 1974. – 717 p.
2. Hamedy M.J., Torkamany M.J., Sabbaghzadeh J. Effect of pulsed laser parameters on in-situ TiC synthesis in laser surface treatment. Optics and lasers in engineering, 2011. – vol. 49, pp 557-563.
3. ZHANG Ke-min, ZOU Jian-xin, LI Jun, YU Zhi-shui, WANG Hui-ping. Surface modification of TC4 alloy by laser cladding with TiC+Ti powders. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. 2010, vol. 20, pp 2192-2197.
4. Korosteleva E.N., Pribytkov G.A., Krinitcyn M.G. Structure and properties of powder cathode materials of titanium - titanium carbide system. Innovative technology and economics in mechanical engineering. National Research Tomsk Polytechnic University. Tomsk, 2014. pp. 273-276.
5. G.A. Pribytkov, M.N. Khramogin, V.G. Durakov, and V.V. Korzhova. Coatings produced by electron beam surfacing of composite materials consisting of titanium carbide and a binder of high-speed R6M5 tool steel. Welding international. Vol. 22, No. 7, July 2008, pp. 465-467.

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ПРОЦЕСС
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА
В СИСТЕМЕ «ТИТАН-УГЛЕРОД»**

М.Г. Креницын, аспирант

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: krinmax@gmail.com

Проблема порошков металлов и сплавов, пригодных для использования в аддитивных технологиях, является в настоящее время ключевой, в особенности для Российской промышленности [1]. Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) позволяет получать металлические порошки в промышленных масштабах. Порошки, полученные этим способом, обладают высоким качеством при низкой себестоимости. Однако композиций порошков, которые возможно синтезировать с помощью СВС, не так много, а концентрационный интервал содержания компонентов в этих композициях достаточно узкий. Для расширения концентрационного интервала может быть использована предварительная механическая активация (МА) порошковых смесей.

В ходе выполнения данной работы были получены и исследованы порошковые композиты «TiC – Ti», полученные методом СВС с содержанием инертной титановой связки от 30 до 90 об.%. Продукты синтеза были исследованы с помощью оборудования Центра коллективного пользования «Нанотех» ИФПМ СО РАН методами рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-7, CoK α -излучение), оптической металлографии (Zeiss AXIOVERT-200MAT) и растровой электронной микроскопии (Zeiss EVO 50).

Рентгенофазовый анализ полученных СВС продуктов показал, что в образцах с расчетным содержанием связки 30 и 40 об.% связка отсутствует полностью, при этом параметр решетки карбида титана в этих образцах ниже табличного значения для карбида титана TiC, что говорит о том, что в образцах образуется нестехиометрический карбид титана. Карбид титана TiC $_x$ имеет широкую область гомогенности. Содержание углерода в карбиде при температурах в окрестности температуры плавления титана на двойной равновесной диаграмме изменяется от эквиатомного состава (стехиометрический коэффициент $X = 1$) до $X = 0,5$. Так как все исследованные нами реакционные смеси имеют избыток титана, то карбид титана во всех случаях должен иметь нестехиометрический состав в соответствии с равновесной диаграммой.

Характер зависимости максимальной температуры и скорости горения прессовок из не активированных смесей титана и сажи от расчетного содержания титановой связки в СВС композите приведен на рис. 1. Следует отметить, что максимальная температура горения для образцов с расчетным содержанием связки 60 об.% близка к минимально возможной температуре запуска СВС-процесса для данной системы. Используя линейную зависимость максимальной температуры горения от содержания титановой связки, полученную эмпирически (рис. 1), можно вычислить, что минимальная температура, допустимая для инициации СВС-процесса, достигается в образцах с 63 об.% содержания связки.

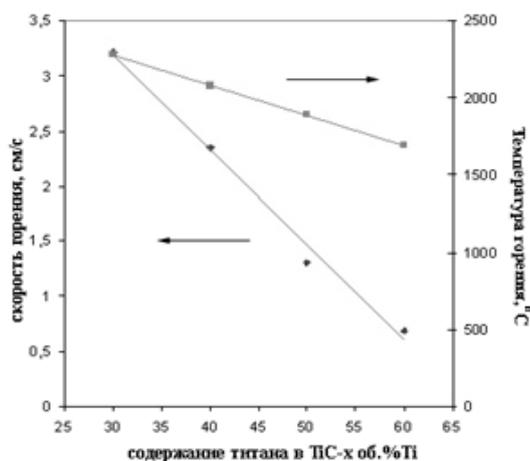


Рис. 1. Зависимость максимальной температуры и скорости горения Ti-C смесей от расчетного содержания Ti связки в TiC+Ti композите (в предположении стехиометричности TiC)

Уже при проведении синтеза образцов с расчетным содержанием связки 60 об.% не всегда удавалось запустить волну горения. Поскольку содержание связки в этом случае близко к критически допустимому, то даже небольшие неоднородности порошковых смесей могут приводить к локальному превышению допустимого содержания титана и, соответственно, к невозможности протекания послойного горения. При проведении СВ-синтеза образцов того же состава, но предварительно активированных, послойное горение проходит стабильно. При этом максимальная температура горения смесей выше зафиксированной температуры для не активированной смеси.

В ходе активации в планетарной шаровой мельнице АГО-2 [2] из исходных частиц порошка образуются композитные агломераты, превосходящие исходные частицы по размеру и состоящие из чередующихся слоев исходных компонентов, вследствие чего повышается общая плотность смеси и увеличивается площадь контакта титана и углерода.

Также в процессе МА повышается поверхностная энергия активируемых порошков [3, 4], что повышает их химическую активность и способствует протеканию реакции синтеза. Таким образом, благодаря МА удалось расширить концентрационный интервал содержания титановой связки вплоть до расчетного значения 75 об.%. При дальнейшем увеличении содержания титановой связки, не смотря на предварительную механическую активацию порошков, не удалось инициировать процесс СВС.

Синтез порошков с расчетным содержанием связки более 75 об.% был произведен в режиме теплового взрыва (ТВ) предварительно активированной и разогретой порошковой смеси. В данном режиме удалось синтезировать порошковые смеси с содержанием титановой связки вплоть до расчетного значения 90 об.%. Структура синтезированных порошков с 60 и 90 об.% титановой связки приведена на рис. 2. В образцах с 60 об.% связки четко видны светлые карбидные зерна, тогда как в образцах с 90 об.% связки выделить карбидные зерна гораздо сложнее, однако в структуре композита не наблюдается структурных элементов, характерных для чистого титана.

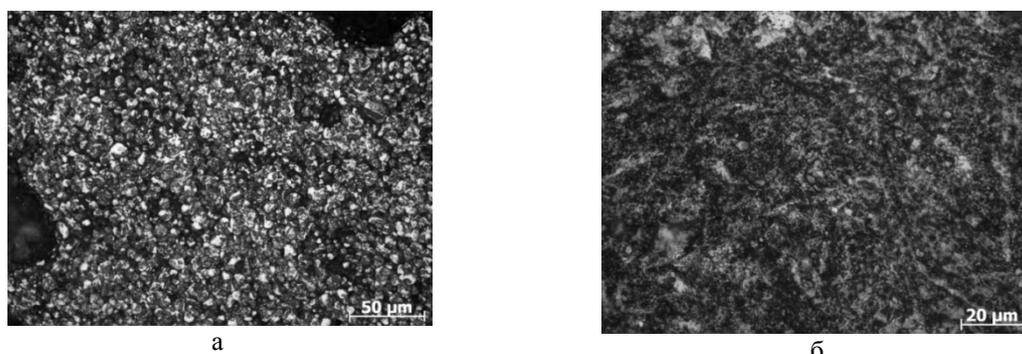


Рис. 2. Структура СВС композиционных порошков с расчетным содержанием титановой связки 60 об.% (а) и 90 об.% (б)

Таким образом, самораспространяющийся высокотемпературный синтез в режиме послойного горения реакционных смесей порошков титан и углерода без предварительной механоактивации может быть инициирован при содержании титановой связки в полученном композите до 60% (об.) В случае механоактивации смесей порошков титана и углеродной сажи можно увеличить содержание титановой связки до 75% (об.). Синтез механически активированных смесей с содержанием инертной связки 75–90% (об.) также возможен, но в режиме теплового взрыва. Дальнейшее увеличение содержания титановой связки нецелесообразно, поскольку в этом случае композиты TiC–Ti содержат мало (порядка нескольких объемных процентов) карбидных частиц и, скорее всего, по физическим свойствам практически не отличаются от чистого титана [5].

Литература.

1. Чечулин Б.Б., Ушков С.С., Разуваева И.И., Гольдфайн В.Н. Титановые сплавы в промышленности. Л. «Машиностроение» (Ленинградское отделение). 1977. 248с.
2. А.с. №975068 (СССР). Аввакумов Е.Г., Поткин А.Р., Самарин О.И.. Планетарная мельница. Бюллетень изобретений, 1982. №43.
3. М. А. Корчагин, Н. З. Ляхов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез механически активированных смесей // Химическая физика, 2008, т.27, №1, с. 73-78.
4. Криницын М.Г., Прибытков Г.А., Корчагин М.А. СВС композиционные порошки «TiC – титановая связка» для наплавки и напыления // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Юргинский технологический институт. – Томск: ТПУ, 2015 – С. 90-94.
5. Кипарисов С.С., Левинский Ю.В., Петров А.П. Карбид титана: получение, свойства, применение. М.: Металлургия, 1987. 216 с.

АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО СИСТЕМ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГЕОХОДА

М.С. Матрунчик, студент

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38452)-6-22-48
E-mail: masha_93011@mail.ru*

Одним из важнейших факторов конкурентоспособности является стоимость продукции. Известно [1], что более 70% затрат в течение жизненного цикла продукции обуславливаются решениями, принятыми на ранних стадиях разработки изделия. Это означает, что уже на самых ранних этапах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области создания и совершенствования геоходов [2] необходимо иметь объективные данные о значимости влияния тех или иных элементов машины на формирование затрат. Это позволит оценить значимость различных направлений совершенствования технологий производства систем и узлов геохода [4].

Основой для оценки затрат новых моделей геоходов может являться опытный образец геохода, для которого в настоящее время проведен комплекс научно-исследовательских работ и разработана исчерпывающая конструкторская и технологическая документация.

Структура геохода как сборочной единицы достаточно сложна. В конструктивном плане большинство компонентов геохода объединены в четыре модуля: головной модуль, хвостовой модуль, модуль сопряжения и транспортный модуль. Собственно геоход относится к первому уровню членения, а модули относятся к элементам второго уровня в дереве состава элементов. На более низком уровне находятся системы – сборочные единицы, объединенные по функциональному назначению. В состав модулей геохода входит девять систем: исполнительный орган, головная секция, внешний движитель, исполнительный орган внешнего движителя, погрузочная система, стабилизирующая секция, элементы противовращения, исполнительные органы элементов противовращения, внешний и внутренний корпуса модуля сопряжения. В свою очередь системы включают в состав сборочные единицы, под сборки и детали. В целом структура геохода является сложной и насчитывает до восьми уровней членения. Наибольшее значение в технологических процессах изготовления геохода и его составных частей имеют технологии сборки [6], сварки, механической обработки [8], контроля [3] и термической резки [5; 7].

Оценка затрат на производство опытного образца геохода в данной работе выполнялась в соответствии с операционным подходом [9]. Калькуляция затрат для изделий выполнялась по рекурсивному выражению и определяющему величину затрат на изделие уровня членения l [10]:

$$C_l = \sum_{k=1}^m q_{l+1,k} C_{l+1,k} + C_M + (I + k_{SI})(I + k_E) C_S + C_E + C_F; \quad (1)$$

где m – количество наименований изделий, входящих в текущее на уровне $l+1$; $q_{l+1,k}$ – количество k -х изделий, входящих в текущее на уровне $l+1$; $C_{l+1,k}$ – затраты на k -е изделие, входящее в текущее на уровне $l+1$; C_M – материальные затраты на уровне l ; k_{SI} – доля отчислений на социальное страхование; k_E – доля на дополнительную заработную плату; C_S – затраты на основную заработную плату на уровне l ; C_E – затраты на энергию и топливо для технологических целей на уровне l ; C_F – цеховые расходы на уровне l .

Материальные затраты определялись из выражения:

$$C_M = C_{SM} + C_{CP} + C_{SF} + C_T - R; \quad (2)$$

где C_{SM} – затраты на сырье и материалы; C_{CP} – затраты на покупные комплектующие; C_{SF} – затраты на собственные полуфабрикаты; C_T – транспортно-заготовительные расходы; R – перерабатываемые отходы.

Нормируемые работы подразделялись на восемь видов: работы заготовительного производства, сварочные работы, механическая обработка, слесарно-сборочные работы, термическая обработка, нанесение покрытий, электромонтажные работы, прочие работы. Для каждого вида работ устанавливались отдельные значения часовой ставки, удельные затраты энергии и энергоносителей и доля цеховых расходов. В соответствии с этим составляющие затрат определялись из выражений:

$$\begin{aligned} C_S &= \sum_{i=1}^n R_{Oi} t_{\Sigma i}; \\ C_E &= \sum_{i=1}^n R_{Ei} t_{\Sigma i}; \\ C_F &= \sum_{i=1}^n k_{Fi} R_{Oi} t_{\Sigma i}; \end{aligned} \quad (3)$$

где n – количество видов нормируемых работ; R_{Oi} – часовая ставка по i -му виду работ; $t_{\Sigma i}$ – суммарная трудоемкость i -го вида работ на уровне l ; R_{Ei} – удельные затраты энергии и энергоносителей по i -му виду работ; k_{Fi} – доля на цеховые расходы по i -му виду работ.

На рис. 1 приведена интерпретация результатов расчетов, выполненная в виде диаграммы распределения затрат между основными системами и модулями геохода. Величины в диаграмме выражены в процентах от общих затрат на геоход в целом. Структура затрат показывает, что на уровне систем наибольшую долю в затратах имеет исполнительный орган. Значительный вклад в затраты вносят крупногабаритные корпусные изделия геохода – головная секция и стабилизирующая секция. На верхнем уровне членения наибольшие затраты связаны с головным модулем геохода, что связано с тем, что это наиболее насыщенная системами и механизмами структурная часть машины.

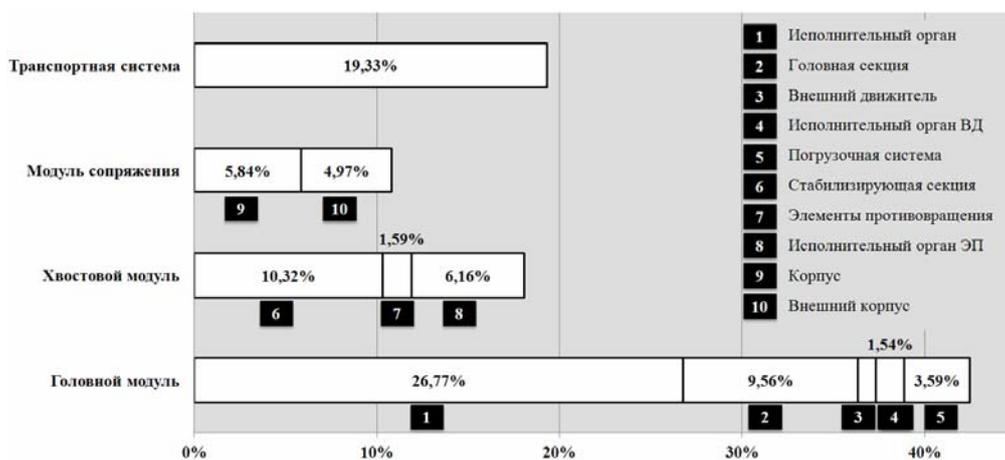


Рис. 1. Распределение затрат между системами и модулями геохода

Оценкой конструктивной сложности компонентов машины могут служить затраты, приходящиеся на единицу массы данного компонента. На рис. 2 приведена диаграмма, в которой показаны затраты в процентах от стоимости геохода, приходящиеся на одну тонну массы системы или модуля.

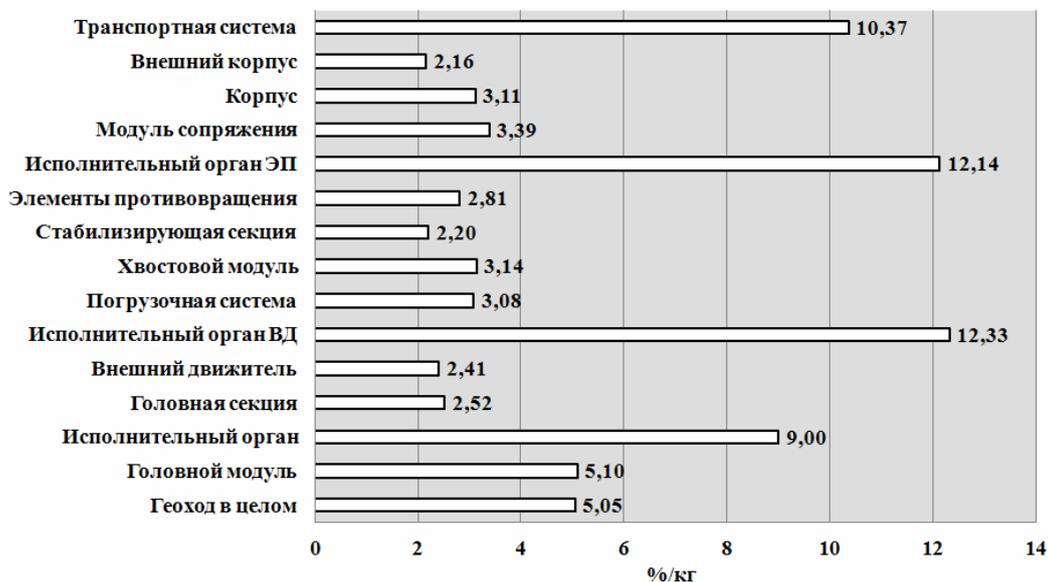


Рис. 2. Удельные затраты на системы и модули геохода

Анализируя данную диаграмму можно выделить две группы систем, кратно отличающихся величинами удельных затрат. К первой группе относятся системы, в состав которых входят механизмы: исполнительный орган, исполнительный орган внешнего движителя, исполнительный орган элемента противовращения и транспортный модуль. Данные компоненты характеризуются высокими значениями удельных затрат. Ко второй группе относятся системы, являющиеся корпусными изделиями [11]: головная секция, внешний движитель, стабилизирующая секция, элемент противовращения, корпус и корпус внешний модуля сопряжения. Данные компоненты характеризуются относительно небольшими значениями удельных затрат.

На рис. 3 приведена диаграмма, показывающая структуру трудоемкости технологических процессов по модулям и системам геохода. Как следует из диаграммы, между трудоемкостью на изготовление компонентов геохода и общими затратами нет выраженной связи.

Оценкой производственной сложности компонентов машины может служить трудоемкость, приходящаяся на единицу массы данного компонента. На рис. 4 приведена диаграмма, в которой показаны величины трудоемкости, приходящиеся на один килограмм массы системы или модуля.

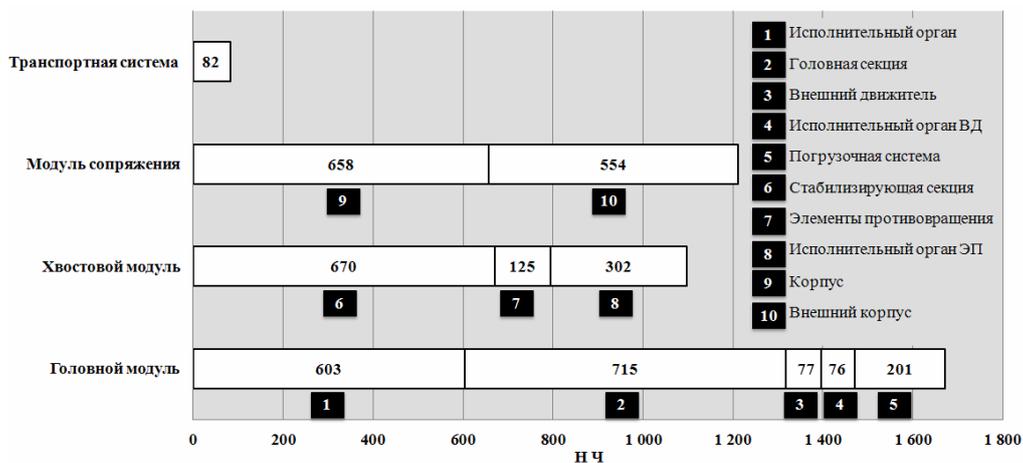


Рис. 3. Диаграмма распределения трудоемкости по различным системам и модулям геохода

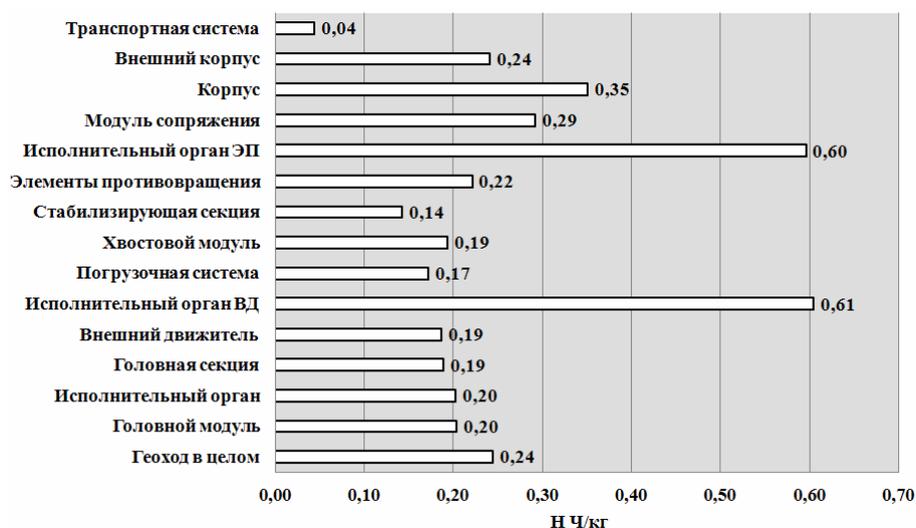


Рис. 4. Удельная трудоемкость по системам и модулям геохода

Анализ гистограммы показывает, что среди всех систем большими значениями удельной трудоемкости резко выделяются две системы, содержащие механизмы – исполнительный орган внешнего двигателя и исполнительный орган элемента противовращения. В то же время другие компоненты, содержащие механизмы – исполнительный орган, погрузочная система и транспортный модуль, характеризуются умеренными значениями удельной трудоемкости. Последнее объясняется тем, что механизмы в данных компонентах реализованы по большей части посредством покупных изделий.

На основании проведенного анализа могут быть сделаны следующие выводы: структура и характер затрат на производство модулей и систем геохода отражают конструктивные и технологические особенности изделий и, таким образом, могут служить основой для формирования количественных критериев классификации изделий.

Литература.

1. Asiedu Y., Gu P. Product life cycle cost analysis: State of the art review // International Journal of Production Research. – 1998. – Vol. 36. – Product life cycle cost analysis. – Iss. 4. – P. 883-908.
2. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Бегляков В.Ю., Вальтер А.В. Создание нового инструментария для формирования подземного пространства // Горная техника. – 2015. – № 1 (15). – С. 24-26.
3. Вальтер А.В., Аксенов В.В., Чазов П.А. Математическое обеспечение обработки данных координатного контроля оболочки геохода // Технологии и материалы. – 2015. – № 3. – С. 4-9.
4. Walter A.V., Aksenov V.V. Determining deviations in geometry of the geokhod shells // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770. – P. 439-444.
5. Вальтер А.В., Аксенов В.В. Варианты обеспечения точности оболочек и собираемости корпусов геохода // Механика XXI века. – 2015. – № 14. – С. 89-92.
6. Вальтер А.В., Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Чазов А.П. Определение погрешности расположения секторов стабилизирующей секции геохода на основе данных координатного контроля // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2015. – № 4 (69). – С. 31-42.
7. Аксенов В.В., Вальтер А.В. Специфика геохода как предмета производства / В.В. Аксенов, А.В. Вальтер // Научное обозрение. – 2014. – Т. 8, Ч. 3. – С. 945-950.
8. Сапрыкин А.А., Вальтер А.В. Производительность процесса 2,5-координатного формообразования и технологичность изделий сложной пространственной формы / А.А. Сапрыкин, А.В. Вальтер // Технология машиностроения. – 2008. – № 2. – С. 20 - 22.
9. Creese R.C. Estimating and costing for the metal manufacturing industries : Cost engineering / R.C. Creese. – New York: M. Dekker, 1992. – Iss. 18. – 270 pp.
10. Aksenov V.V., Walter A.V., Gordeyev A.A., Kosovets A.V. Classification of geokhod units and systems based on product cost analysis and estimation for a prototype model production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 91. – P. 012088.
11. Вальтер А.В., Аксенов В.В. Определение отклонений геометрической формы оболочек корпусных изделий геохода // Актуальные проблемы современного машиностроения: сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Томск: ТПУ, 2014. – С. 165-170.

СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ «ТИТАН – КАРБИД ТИТАНА», ПРИМЕНИМЫХ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

М.Г. Криницын, аспирант

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: krinmax@gmail.com

Композиционные материалы и покрытия со структурой из дисперсных твердых частиц, заключенных в металлическую матрицу (связку), обладают уникальным сочетанием твердости, прочности, пластичности и износостойкости при абразивном износе и в контактных парах. Характерным примером таких материалов являются инструментальные твердые сплавы, получаемые спеканием порошковых смесей из дисперсных карбидов и металлической связки. Хорошо известно, что физико-механические и триботехнические свойства композиционных материалов и покрытий помимо свойств дисперсных включений и металлической связки во многом определяются структурой (объемная доля, дисперсность и морфология упрочняющей фазы).

Известно, что титан и его сплавы обладают низкой износостойкостью из-за склонности к схватыванию в контактных парах практически со всеми металлическими материалами [1]. Для повышения износостойкости деталей, подвергающихся интенсивному износу, широко применяются покрытия, наносимые на изнашиваемые поверхности наплавкой или напылением. Для получения «толстых» износостойких покрытий на титан и его сплавы используется порошковая наплавка, причем состав порошковой присадки подбирают таким образом, чтобы получить композиционное покрытие, имеющее структуру матричного композита с дисперсными включениями частиц тугоплавких соединений (карбидов, боридов, силицидов) в титановой матрице. Наибольший интерес в качестве твердой и тугоплавкой упрочняющей фазы в металломатричных композитах на основе титана представляет карбид титана. Для наплавки композиционных покрытий «TiC-Ti» обычно используются механические смеси порошков титана, карбида титана и графита в различных сочетаниях [2-5]. Однако, это не всегда позволяет достичь необходимой однородности смеси. Кроме того, в процессе наплавки образуется ванна расплава, что, в случае использования механической смеси порошков, приводит к образованию неоднородной структуры.

В настоящей работе исследована структура и фазовый состав композиционных порошков, полученных самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС) в порошковых смесях титан – углерод. Данные порошки также пригодны для применения в трехмерной печати изделий, но только после дополнительных обработок.

На рис. 1 приведены рентгенограммы с порошков, синтезированных в аргоне и на воздухе, а в таблицах 1 и 2 – результаты расшифровки рентгенограмм. Рентгенофазовый анализ показал, что фактическое содержание титановой связки, рассчитанное по сумме интенсивностей рентгеновских линий, во всех СВС продуктах значительно меньше значений, рассчитанных в предположении образования карбида титана эквиатомного состава (табл.1,2). Кроме этого было установлено, что во всех случаях параметр решетки карбида титана значительно меньше, чем известное значение 0,4327 нм для карбида эквиатомного состава [6].

Для композитов, синтезированных в аргоне, наиболее вероятной причиной этого отличия параметра решетки является образование нестехиометрического карбида. Согласно равновесной диаграмме двойной системы титан – углерод карбид титана TiC_x имеет широкую область гомогенности. Содержание углерода в карбиде при температурах, близких температуре плавления титана на двойной равновесной диаграмме изменяется в интервале значений X от 1 до 0,5.



Рис. 1. Рентгенограммы СВС-порошков $TiC_x + Ti$, синтезированных в аргоне (а) и на воздухе (б). Расчетное (при $X=1$) содержание титановой связки: 1 - 30об.%, 2 - 40об.%, 3 - 50об.%, 4 - 60об.%

Таблица 1

Содержание фаз в СВС продуктах, синтезированных в аргоне, параметр решетки а карбида титана TiC_x и значение стехиометрического коэффициента X, рассчитанное по параметру решетки

Расчетный фазовый состав СВС порошков	Фактическое содержание фаз, %		a, nm	X [6]
	TiC_x	Ti		
$TiC+30$ об% Ti	100	-	0,4320	0.71
$TiC+40$ об% Ti	95,5	4,5	0,4310	0.58
$TiC+50$ об% Ti	93,5	6,5	0,4302	< 0.53
$TiC+60$ об% Ti	75,4	24,6	0,4299	< 0.53

На рис. 2 представлена морфология композиционных порошков, синтезированных в аргоне из реакционных смесей с различным содержанием титана. Порошковый продукт синтеза, не содержащий титановой связки (рис. 2а), представляет собой сростки карбидных зерен или отдельные крупные частицы. Структура СВС продуктов, содержащих титановую связку (рис. 2б, 2в, 2г), более дисперсная, причем дисперсность зависит от фактического содержания связки.

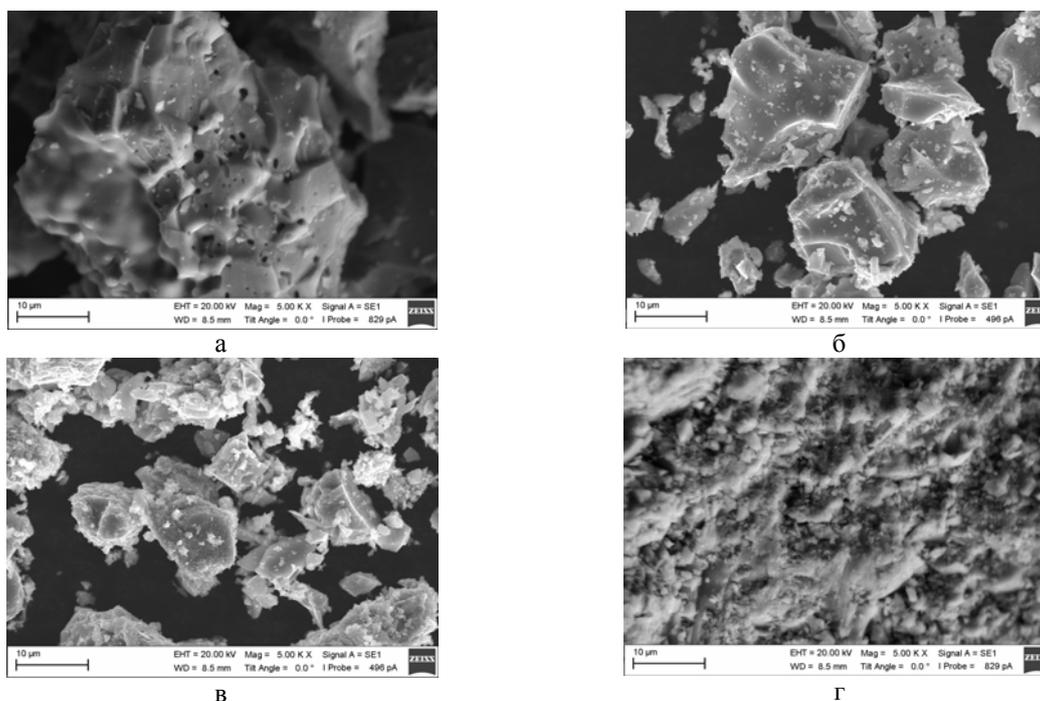


Рис. 2. Морфология СВС продуктов, синтезированных в аргоне, с различным расчетным (фактическим) содержанием титановой связки (об%): а) – 30 (0); б) – 40 (4,5); 50 (6,5); 60 (24,6).

Ранее, на спеченных порошковых материалах «титан – карбид титана», было показано [7], что при спекании в системе «титан-углерод» наблюдается усадка. В результате усадки снижается пористость материалов, причем, чем больше углерода, тем ниже пористость. В данном случае порошок получается дроблением СВС-спеков, при этом, чем больше углерода в составе смесей, тем крупнее получается СВС-порошок, что коррелирует с предыдущими результатами.

Морфология изменяется от угловатой к более округлой с увеличением содержания связки. Это обусловлено тем, что в образцах с малым расчетным содержанием связки, в результате СВС образуются порошки, совсем не имеющие связки и, соответственно, полностью состоящие из карбида титана. Это связано с тем, что карбид титана имеет широкую область гомогенности и находится в стабильном состоянии при составах от эквиатомного TiC до $TiC_{0,5}$. При избытке титана, термодинамически более выгодным является состояние с меньшим объемом, что в данном случае соответствует образованию не-

стехиометрического карбида титана. Металлографические шлифы удовлетворительного качества удалось получить только на порошках, содержащих титановую связку (рис. 3). Из сравнения изображений на рис. 3 можно сделать вывод о том, что скорость охлаждения после завершения синтеза не влияет на структуру продуктов синтеза. По-видимому, формирование структуры (рост карбидных зародышей и срастание смежных частиц) происходит только в жидкой фазе во фронте реакции и в узкой зоне позади фронта и завершается в момент кристаллизации. Последующие диффузионные процессы в твердой фазе уже не влияют на структуру даже при относительно медленном охлаждении продуктов синтеза.

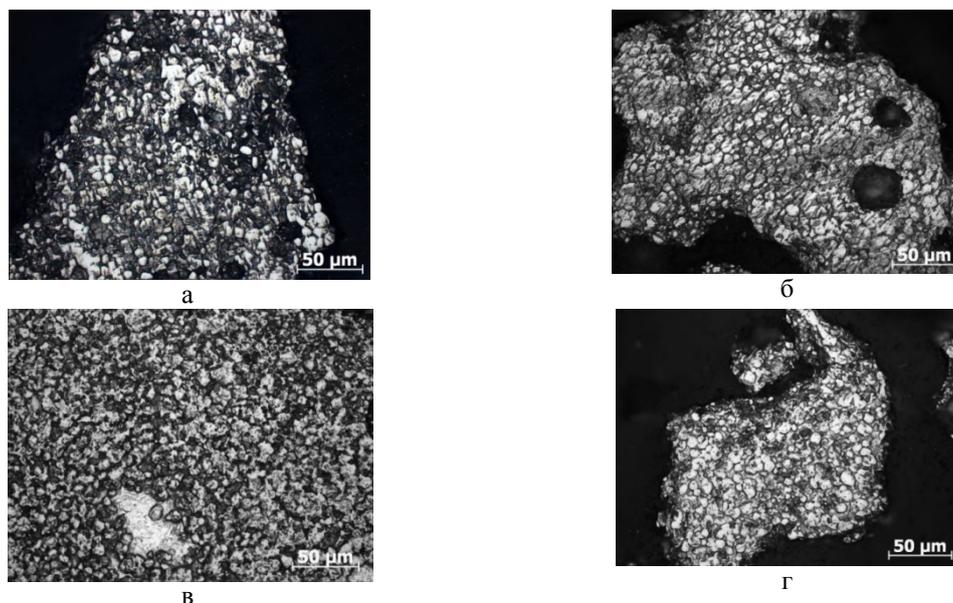


Рис. 3. Структура СВС композиционных порошков TiC+Ti, синтезированных в аргоне (а,в) и на воздухе с закалкой в воду (б,г). Расчетное (фактическое) содержание титановой связки (об. %): (а,б) – 50 (6,5); (в,г) – 60 (24,6).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при расчете состава смеси титана и углерода для проведения СВС, необходимо учитывать, что в условиях избыточного содержания титана будет образовываться карбид нестехиометрического состава, что, в свою очередь, приведет к уменьшению фактического содержания связки в образцах, по сравнению с расчетным.

Структура продуктов синтеза не зависит от скорости их охлаждения после процесса синтеза. Это говорит о том, что структура порошков формируется в жидкой фазе во фронте горения и в узкой области за фронтом. Синтез при этом целесообразнее проводить в аргоне, с целью предотвращения образования оксидов в материале.

Литература.

1. Zwickler Ulrich. Titan und Titanlegierungen. 1974. Springer-Verlag, 717 p.
2. Hamedy M.J., Torkamany M.J., Sabbaghzadeh J.. Effect of pulsed laser parameters on in-situ TiC synthesis in laser surface treatment. Optics and lasers in engineering. 2011, vol. 49, pp 557-563.
3. ZHANG Ke-min, ZOU Jian-xin, LI Jun, YU Zhi-shui, WANG Hui-ping. Surface modification of TC4 alloy by laser cladding with TiC+Ti powders. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. 2010, vol. 20, pp 2192-2197.
4. Bataev I.A., Bataev A.A., Golkovski M.G., Krivizhenko D.S., Losinskaya A.A., Lenivtseva O.G. Structure of surface layers obtained by atmospheric electron beam cladding of graphite-titanium powder mixture on to titanium surface. Applied Surface Science. 2013, vol. 284, pp 472-481.
5. Weiping Liu, J.N. DuPont. Fabrication of functionally graded TiC/Ti composites by Laser Engineering Net Shaping. Scripta Materialia. 2003, vol. 48, iss. 9, pp 1337-1342.
6. Современные инструментальные материалы на основе тугоплавких соединений. Сб. трудов ВНИИТС. – М.:Мет-гия, 1985, 128с.
7. Коростелева Е. Н. , Прибытков Г. А. , Стрельницкий В. Е. , Криницын М. Г. , Лучанинов А. А. , Васильев В. В. Объемные изменения и эволюция структуры при нагреве порошковых прессовок «титан – карбид титана» // Известия вузов. Физика. - 2014 - Т. 57 - №. 9/3. - С. 102-107

**ВОПРОСЫ СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

В настоящее время в стране возрос интерес к ресурсосберегающим упрочняющим технологиям, позволяющим получить заданные триботехнические свойства инструмента и деталей машин (пар трения) из менее дорогостоящих металлов и сплавов [1]. Этому предшествовало то, что большинство машиностроительных предприятий в производственной практике используют такие виды термической обработки, как закалка, отпуск, закалка ТВЧ, цементация и нитроцементация. Другие же методы упрочнения, как ионно-плазменные технологии, лазерная обработка и электроискровые процессы (электроискровое легирование и электроакустическое напыление) и их комбинации, применяются крайне редко по причине жесткости технологических режимов, даже если программа работ не велика. Однако на эти методы упрочнения следует обратить внимание.

Применение лазерной технологии [2], благодаря высокой плотности энергии в луче лазера, позволяет осуществлять закалку поверхности сталей с высокой твердостью и износостойкостью. Перспективным направлением в решении проблемы обеспечения деталей и инструмента является использование комбинированных методов упрочнения с применением лазерного излучения [3,4]. Одним из вариантов упрочнения является сочетание химико-термической обработки (ХТО), в результате которой на поверхности образуется диффузионно-насыщенный слой, с последующим воздействием лазерного излучения на этот слой [3-5].

Перспективным направлением в области упрочнения поверхности является электроискровое легирование (ЭИЛ) и его разновидности: локальное электроискровое нанесение покрытий (ЛЭНП) и электроакустическое нанесение покрытий (ЭЛАНП) [6-10]. Исследования показывают, что ЛЭНП и ЭЛАНП позволяет увеличить износостойкость поверхности режущего инструмента в 1,5-3 раза, холодноштампованного инструмента – до 50%, а также увеличить коррозионную стойкость и жаростойкость обрабатываемых поверхностей. При ЭИЛ разогрев деталей и инструментов не существен, что исключает их коробление и в большинстве случаев не требует финишной механической обработки.

Метод ЭИЛ основан на явлении переноса материала электрода при импульсном разряде на обрабатываемую поверхность и представляет собой совокупность эрозийного, термического и термохимического процессов. При нанесении электроискровых покрытий на стали в подложке сохраняется исходный фазовый состав, а на поверхности формируется так называемый “белый” слой, состоящий из мартенсита, аустенита и частично из аморфизированной фазы.

Формирование поверхностно измененного слоя (ПИС) при электроискровом легировании рассматривается в виде нескольких одновременно действующих процессов:

- постоянный вклад в массоперенос и формирование на катоде покрытия в зависимости от постоянно действующих явлений;
- изменение элементного состава и структуры ПИС электродов (микрометаллургические, кристаллизационные, диффузионные процессы) в зависимости от величины суммарной энергии искровых разрядов, частоты следования и длительности импульсов;
- накопление дефектов, повышение внутренних напряжений и хрупкости, приводящее к разрушению ПИС, в зависимости от суммарной величины энергии искровых разрядов.

Однако полная физическая модель ЭИЛ далека от совершенства. Существующие количественные оценки параметров покрытий при ЭИЛ, как правило, ограничиваются расчетами температурных полей и возникающих напряжений в поверхностной области электродов под действием электрических разрядов. Очевидно, что формирование ПИС на катоде связано с явлениями тепло-массопереноса, к которым относятся нагрев, плавление и испарение материала, диффузия и перемещение вещества, находящегося в жидком состоянии.

В связи с этим создание модели формирования покрытия на катоде-металле при ЭИЛ с точки зрения явлений переноса энергии и вещества представляет как научный, так и практический интерес для развития физической теории электроискрового легирования и управления параметрами процесса. Причем, если процесс протекает на воздухе, то при формировании ПИС участвуют как минимум че-

тыре типа атомов: легируемого металла, металла-основы, азота и кислорода. Поэтому для более точного прогноза свойств электроискровых покрытий на металлах необходимы дальнейшие исследования в этой области.

В зависимости от материалов упрочняющих электродов возможно получение нитридов и карбидов легирующих элементов. Подслой представляет собой структуру мартенсита и троостита или сорбита.

Электроискровому упрочнению поддаются черные металлы и сплавы. В качестве упрочняющих электродов возможно использование любых токопроводящих материалов в зависимости от поставленной задачи и ожидаемых результатов. Широко применяются твердые сплавы, составляющими которых являются карбиды вольфрама и титана, феррохром, хром, хром-марганец, алюминий, белый чугун, графит, электродные материалы, содержащие в качестве добавок к матрице самофлюсующиеся материалы, а также вещества, образующие защитную атмосферу, стабилизирующие искровой разряд в процессе ЭИЛ. Метод не требует предварительного нагрева и последующей термообработки. Упрочненный слой имеет высокую твердость и износостойкость, а при соответствующем подборе электродов – жаростойкость. ЭИЛ не оказывает влияние на ударную вязкость, снижает сопротивление усталости в связи с положительными напряжениями в слое. К недостаткам метода можно отнести низкую производительность, высокую шероховатость и несплошность (раковины, трещины, поры) покрытий, которые устраняются автоматизацией процесса, лазерным оплавлением, алмазным или минералокерамическим выглаживанием [4-9] и оптимизацией режимов нанесений покрытий.

Процесс ЭИЛ является сложным физико-химическим процессом, протекающим при одновременном воздействии значительного числа переменных факторов. На перенос вещества с одного электрода на другой существенное влияние оказывают энергетические и временные параметры искровых разрядов, факторы, определяющие взаимное перемещение электродов, конструктивные особенности коммутирующих устройств, определяющих движение электрода-инструмента (электромеханические вибраторы, одно- и многоэлектродные головки), соотношение физико-химических свойств материалов электродов и состояние межэлектродной газовой среды.

Немаловажное значение для широкого внедрения процесса ЭИЛ в производство является работа по совершенствованию электронных схем генераторов импульсов, проектированию и изготовлению эффективных установок для осуществления этого процесса, а также по оптимизации управления исполнительным узлом (электродом) инструментом в процессе ЭИЛ. При этом в основу разработки новых конструкций установок положены задачи повышения надежности и стабильности работы, уменьшение удельных энергозатрат на процесс, повышения производительности, мобильность, простота в обслуживании.

Следует отметить, что новые технические решения в конструкции генераторов импульсов для электроэрозионной размерной обработки (ЭЭРО) послужили существенным толчком в широком внедрении ЭЭРО в производство, позволили повысить скорость съема металла на жестких режимах, снизить износ инструмента и энергоёмкость процесса.

Практика использования метода ЭИЛ показывает, что отечественные промышленные установки для нанесения покрытий и их зарубежные аналоги не всегда удовлетворяют многочисленным запросам потребителей по толщине и качеству образуемого ПИС в связи с многообразием взаимовлияющих факторов и необходимостью их учёта и контроля в процессе ЭИЛ. Вместе с тем до сих пор не определен механизм влияния комплексного воздействия электрических параметров генераторов импульсов на формирование ПИС с заданными свойствами. Решение этой задачи требует проведения систематических исследований и анализа влияния, в первую очередь энергии единичного разряда, амплитуды, формы, длительности, частоты и скважности импульсов, с применением приборного и компьютерного контроля над проведением технологического процесса формирования ПИС.

В ЭИЛ наибольшее распространение и развитие во всех промышленно развитых странах мира получили генераторы импульсов, основанные на разряде конденсатора непосредственно в разрядный промежуток. В настоящее время в мировой практике наблюдается тенденция разработки и использования именно таких универсальных генераторов импульсов повышенной частоты (до 2000 Гц) с высокой энергией единичного разряда, позволяющих применять ЭИЛ не только для упрочнения рабочих поверхностей, но и для восстановления изношенных поверхностей деталей машин.

Если проводить параллель с конструкцией современных генераторов импульсов для ЭЭРО и для ЭИЛ, то существует некий резерв для дальнейшего совершенствования имеющихся и создания принципиально новых генераторов импульсов технологического тока, возможно на основе импульс-

ных или инверторных схемных решений, позволяющих сделать существенный качественный прорыв в развитии метода.

Кроме того, перспективы развития метода ЭИЛ связаны и с созданием технологического оборудования, комплекса технологической оснастки, расширяющего области применения метода. Например, применение сварочного инверторного блока питания в установке ЭИЛ позволяет создать комплекс для комбинированной обработки (ЭИЛ + наплавка) и улучшить стабильность работы генератора импульсов технологического тока наряду с уменьшением массы и габаритных размеров установки.

Эффективной представляется комбинированная обработка, основанная на сочетании ЭИЛ с различными методами нанесения покрытий, такими как: химико-термическая обработка (ХТО), гальванические покрытия, покрытия, нанесенные газоплазменным и плазменным методами, ионно-плазменным напылением, лазерной обработкой, выглаживанием и др. [4-12].

Большое значение в научно-исследовательском и практическом плане имеет механизация процесса ЭИЛ как переходный этап к автоматизации, позволяющая расширить технологические возможности этого способа, более объективно оценивать влияние электромеханических параметров установок на характеристики процесса и ранжировать их по степени значимости.

Области целесообразного применения электроискрового упрочнения (легирования) достаточно многообразны. Привлекательность этого метода обусловлена его универсальностью, технологической надежностью, стабильностью результатов, локальностью, отсутствием объемного нагрева и корrobления, автоматизацией и встраиваемостью в технологический цикл производства.

В вышеприведенном изложении показаны далеко не все современные упрочняющие технологии, которые целесообразно применять в производстве, а назначенные режимы строго соблюдать. Только тогда возможно получить ожидаемые результаты.

Литература

1. Гадалов, В.Н. Новые материалы, прогрессивные ресурсосберегающие технологии в машиностроении / В.Н. Гадалов, С.Г. Емельянов // *Материалы и упрочняющие технологии – 2008: сб. матер. XV Рос. научно-техн. конф. с межд. участием. Курск, 2008. Ч1. С. 9-26.*
2. Сафонов, А.Н. Повышение стойкости инструмента из быстрорежущей стали методом лазерной обработки / А.Н. Сафонов, Н.Ф. Зеленцова, Е.А. Сиденков [и др.] // *СТИН. 1995. №6. С. 17-20.*
3. Чудина, О.В. Комбинированные методы поверхностного упрочнения стали с применением лазерного нагрева: теория и технология – М.: МАДИ (ГТУ). 2003. 248 с.
4. Павлов, Е.В. Лазерная обработка как способ повышения эксплуатационных свойств электроакустических защитных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой межд. научно-техн. конф. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 370-374.*
5. Павлов, Е.В. Исследование технологии упрочнения коленчатых валов с применением лазерной обработки / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой межд. научно-техн. конф. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 374-377.*
6. Павлов, Е.В. Улучшение качества электрофизических покрытий при ротационном выглаживании минералокерамическим инструментом / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 35-41.*
7. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов межд. научно-практ. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.*
8. Павлов, И.В. Вопросы оценки качества поверхности электрофизического покрытия после выглаживания минералокерамикой / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов межд. научно-практ. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 176-178.*
9. Павлов, И.В. Вопросы ионно-вакуумной модификации поверхностных слоев / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов межд. научно-практ. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 178-181.*
10. Лукша, О.Г. Влияние электроискрового легирования на стойкость холодноштамповочного инструмента / О.Г. Лукша, К.М. Машкоук, А.В. Напалков, С.А. Агапов // *Металлообработка. 2002. №6(12) С. 28-30.*

11. Павлов, Е.В. Упрочнение и повышение режущих свойств минералокерамического инструмента при ионно-плазменном нанесении композиционных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 31-35.
12. Павлов, Е.В. Повышение долговечности изделий с износостойкими покрытиями посредством финишной обработки поверхностного слоя / Е.В Павлов, И.В. Павлов, И.Н. Родионова // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: материалы II межд. научно-практ. конф. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2011. – С. 298-303.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

Эффективным средством повышения работоспособности режущего инструмента является нанесение износостойких покрытий, полученных методом конденсации вещества в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ). Для нанесения покрытий TiN в работе использовался метод КИБ [1].

Метод КИБ обеспечивает: высокое качество покрытий; повышение долговечности инструмента, деталей машин, декоративных элементов и других изделий; экономию дефицитных материалов; увеличение производительности, улучшение условий труда; отсутствие экологических проблем.

Для его реализации служат установки «Булат». Установки предназначены для плазменно-вакуумного нанесения износостойких покрытий из металлов и их соединений (нитридов, карбидов, оксидов, сульфидов) на рабочие поверхности металлообрабатывающего инструмента и деталей машин.

В основе КИБ лежит генерация потока вещества из катодных пятен вакуумной дуги сильно-точного низковольтного разряда в парах материала катода. Анодом служит корпус установки или специальная деталь (в установках с плазменным ускорителем). Поток частиц (атомов, ионов и мелких капель) конденсируется на поверхности детали, образуя при введении в камеру химически активного газа соответствующее химическое соединение.

При КИБ нагрев осуществляется высокоэнергетическими ионами распыляемого металла (порядка 1 КэВ). При этом происходит также и очистка поверхностей от оксидных плёнок и загрязнений, активация поверхности и создание переходного слоя за счет конденсации части ионов металла.

Процесс нанесения покрытий осуществляется при КИБ из потока ионов, нейтральных атомов и капель металла. Ионы металла, генерируемые катодными пятнами с энергией в несколько десятков электрон-вольт ускоряются в электрическом поле в результате приложения к деталям или образцам отрицательного потенциала смещения (100...200 В). Молекулы реакционно-способного газа, вводимого в камеру, частично диссоциируют и ионизируются. Химическая реакция взаимодействия газа с металлом происходит на поверхности конденсации и в пространстве между катодом и деталью.

Рассматриваемый метод включает в себя два основных этапа:

1) очистка, нагрев и активация поверхности инструмента (подложки) бомбардировкой ионами осаждаемого материала, ускоренными до энергии требуемой величины;

2) последующее осаждение покрытия при непрерывной ионной бомбардировке конденсата в режиме, обеспечивающем оптимальные условия формирования покрытия с необходимыми служебными характеристиками.

Поступающий на упрочнение инструмент, детали необходимо до загрузки в камеру установки очищать от окисных, жировых пленок и загрязнителей, полируя и промывая их в реактивах. Эффект очистки значительно возрастает при использовании ультразвука. Очистка от загрязнений проводится в ультразвуковой ванне модели УЗУ-0,25 в пожаробезопасной моющей жидкости ТМС типа «Полянка», «Вертолин» и др. с последующей протиркой этиловым спиртом. Затем детали загружаются в рабочую камеру для ведения технологического процесса.

Недопустима загрузка в рабочую камеру установки деталей с остатками окисных пленок после термообработки, а также напаянного инструмента содержащего в припое цинк. Упрочняемый инст-

румент в одной загрузке должен быть однотипным по конструкции, сечению и материалу. Полностью подготовленный к загрузке инструмент можно хранить в специальной таре с поглотителем влаги (не более 8 час). После загрузки в рабочей камере создается вакуум и подается азот.

На свойства покрытий отрицательно влияет присутствие в камере воздуха с содержанием кислорода порядка $2 \cdot 10^6$, даже при давлении 10^{-6} Па. Дополнительным источником кислорода в камере является его десорбция деталями рабочей камеры установки. Для удаления воздуха из рабочей камеры, её перед откачкой воздуха продувают аргоном.

При нанесении покрытий из нитрида титана необходимо применять титановый катод чистотой не менее 99,5%, а также азот чистотой 99,999%. Подача азота в камеру ведётся из баллона с низким давлением $1 \cdot 10^{-1} \dots 10 \cdot 10^{-3}$ Па.

Повышение давления реакционного газа (азота) приводит к снижению скорости роста слоя покрытия. Очистку поверхности инструмента рекомендуется начинать при достижении в рабочей камере установки вакуума $1 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^{-5}$ Па.

В установках типа «Булат» при определенных напряжениях в вакууме рабочей камеры между электродами (катодом из титана и инструментом-анодом) происходит пробой, и вакуум превращается в проводник. Это связано с процессом перехода некоторой доли материалов электродов в газовую фазу и их ионизацией. При этом у катода возникает плазма с температурой несколько тысяч градусов. Плазменный поток, пересекая электродное пространство со скоростью $10^5 \dots 10^6$ м/с, производит интенсивную бомбардировку поверхности инструмента. Время формирования плазменного канала между электродами составляет $10^{-8} \dots 10^{-9}$ с. Металлическая плазма, генерируемая вакуумно-дуговыми ускорителями на установке «Булат» с холодным катодом, имеет степень ионизации от 80 до 100%.

В процессе очистки бомбардируемыми частицами (ионами и электронами) происходит удаление газов и нагрев поверхности инструмента, являющегося объектом упрочнения. Разрушение поверхности пленок на поверхности инструмента (очистка) ионизированными частицами идет равномерно. Сначала удаляются атомы, имеющие наиболее слабые связи с поверхностью. Ионы, бомбардирующие поверхность анода, благодаря сжимающей способности электронной оболочки внедряются в поверхностный слой инструмента, смещают атомы кристаллической решетки из равновесного положения и при наличии достаточной энергии способствуют образованию вторичных электронов, которые также участвуют в разрушении химических и сорбционных связей в оксидных пленках на поверхности инструмента. Ионная бомбардировка позволяет получить атомно чистую поверхность с высокой сорбционной активностью.

В процессе очистки полностью растравливаются (распыляются) поверхностные слои упрочняемого инструмента. Нагревание до $560 \dots 600^\circ\text{C}$ способствует усилению диффузионных процессов на границе композита. Все вышесказанное обеспечивает высокую адгезию покрытия от 1,5 до 2,0 МПа к поверхности инструмента.

Как показывает опыт, наибольшее влияние на процесс очистки оказывают плотность тока, давление и температура, так с увеличением температуры подложки в доступных пределах режущие и др. свойства снижаются, а увеличение напряжения, соответственно, их улучшает.

Процесс синтеза материала покрытия из нитрида титана, из частиц металла (титана) и неметалла (азота) происходит вследствие реакции титана и азота [2].

Образование молекул из атомов происходит за счет электростатических сил (взаимного притяжения частиц с разноименными зарядами), так и за счет сил квантовомеханического характера (донорно-акцепторного обмена электронами). Находясь в газообразном состоянии, молекулы (агрегаты молекул) первоначально адсорбируются на поверхность инструмента, имеющего меньшую температуру, а затем конденсируются, переходя в твердое состояние, то есть в покрытие. При этом процессы адсорбции и конденсации предшествуют адгезии, непосредственно влияя на адгезионную прочность. Наибольшее влияние на свойства инструмента оказывают ток напыления, время напыления, давление газа, энергия очистки.

Разогрев инструмента или деталей производится в неподвижном состоянии катодом, располагаемым против хвостовиков инструмента, что обеспечивает равномерный прогрев инструмента по всей длине. Контроль температуры осуществляется с помощью радиационного пирометра «Смотрич» с пределами измерения $300 \dots 700^\circ\text{C}$.

Технологические свойства износостойкого покрытия контролируются тремя параметрами: твердостью - микротвердомером ПМТ-3; толщиной - прибором МТ-41НЦ и прочностью покрытия, определяемой визуально – по наличию отслаивания покрытия или склерометрическим методом [3].

Оптимальные режимы нанесения покрытий из нитрида титана на композиционный инструмент из стали Р6М5 на пластины из твердых сплавов ВК6, ВК8 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Давление азота, Па	Напряжение на подложке в процессе осаждения ($U_{оп}$, В)	Потенциал ионной бомбардировки ($U_{иб}$, В)	Время ионной бомбардировки поверхности ($\tau_{иб}$, с)	Расстояние от катода до подложки (L, м)	Температура нагрева (T, °К)
$1 \cdot 10^{-2} - 3,8 \cdot 10^{-3}$	110	830	~2000	0,2 - 0,3	820

Окончание очистки контролируется по отсутствию микродуг. Толщина покрытия составляет 4–6 мкм, микротвердость находится в пределах $(2,5 \dots 2,7) \cdot 10^4$ Н/мм², отслаивание материала не наблюдалось.

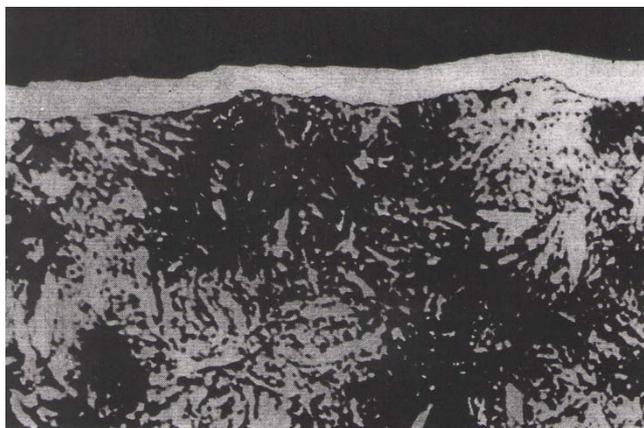
На рис. 1 представлена микроструктура износостойкого покрытия TiN на стали Р6М5 ($\times 1600$) с характерным «белым» слоем.

Упрочнение инструмента нитридом титана позволяло повысить его стойкость в 1,5-1,8 раза при обработке сплава ВТ20 со скоростью резания 80 м/мин.

При упрочнении инструмента методом ионно-вакуумной плазменной обработки обеспечивается чистота процесса, безотходность, экологическая безопасность.

Настоящий метод за счет его высокой технологичности позволяет наносить композиционные и многослойные покрытия различных составов на основе карбидов и нитридов металлов на конструкционные и инструментальные материалы при увеличении их стойкости от 2 до 5 раз [1].

В последнее время объемная доля инструментального материала, упрочняемая нанесением износостойких покрытий на ионно-плазменных установках типа «Булат», непрерывно возрастает. Влияние основных параметров процесса изучено достаточно хорошо. Однако выбрать оптимальный режим упрочнения только на основе априорной информации не представляется возможным, так как параметры процесса КИБ во многом носят случайный характер. Все выше сказанное предопределяет необходимость оптимизации этих параметров на базе статистических признаков.

Рис. 1. Микроструктура износостойкого покрытия TiN на стали Р6М5 ($\times 1600$)

В настоящей работе для определения оптимальных режимов нанесения износостойкого покрытия из нитрида и карбонитрида титана на твердосплавные пластины ВК6, ВК8 резцов для продольного точения серого чугуна был поставлен многофакторный эксперимент. Износостойкость инструмента, как параметр оптимизации, определялась по количеству обработанных деталей при достаточной для определения среднего значения и коэффициента вариации партии инструмента. Использовалась стандартная методика обработки данных.

Наибольшее влияние среди большого количества факторов на износостойкость резцов с покрытием из карбонитрида титана оказывает величина опорного напряжения, ток дуги испарителя и время нанесения покрытия при постоянном давлении азота в камере, температура подложки и величина тока в катушке испарителя. Планирование многофакторного эксперимента и обработка данных осуществлялись на основе композиционных униформ-ротабельных планов второго порядка, реализо-

ванных на ПЭВМ. Использование даже обычной линейной модели в многофакторном эксперименте позволяет существенно повысить стойкость инструмента [4-10].

В табл.2 показаны пределы варьирования пяти основных параметров процесса КИБ. Для описания области варьирования использовали ортогональный композиционный план, исключаяющий полуреплику 2^{5-1} , опыты в центре эксперимента и в «звёздных» точках.

Таблица 2

Фактор	Уровень варьирования факторов				
	$P \cdot 10^{-3}$, Па	$U_{оп}$, В	$U_{иб}$, В	$\tau_{иб}$, мин	L, мм
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Основной (0)	470	90	900	2,5	240
Верхний (+1)	735	120	1200	4,0	260
Нижний (-1)	200	60	600	1,0	220
«Звездные» точки:					
Верхняя (+1,547)	870	136	1360	4,8	271
Нижняя (-1,547)	67	44	440	0,2	209

Расчеты по матрице планирования для операций точения чугуна и жаропрочного сплава ХН77ТЮР представлены в виде уравнения регрессии:

- при точении чугуна (НВ 240)

$$Y_1 = 1,88 + 0,16Z_4 - 0,22Z_1Z_2 + 0,26Z_1Z_5 - 0,13Z_2Z_3 + 0,18Z_2Z_4 + 0,13Z_3Z_4 + 0,12Z_3Z_5 - 0,10Z_2^2 - 0,08Z_3^2 - 0,25Z_4^2 - 0,09Z_5^2;$$

- при точении сплава ХН77ТЮНР

$$Y_2 = 1,30 - 0,12Z_1 - 0,08Z_1Z_3 + 0,1Z_1Z_4 + 0,08Z_1Z_5 - 0,11Z_2Z_5 - 0,11Z_3Z_4 + 0,11Z_1^3.$$

Уравнения регрессии свидетельствуют о сильном влиянии технологических параметров процесса КИБ на формирование покрытий и работоспособность пластинок из твёрдого сплава. На основе уравнений регрессии были рассчитаны оптимальные значения параметров процесса КИБ, представленные в табл. 3

Из анализа данных табл. 2 следует, что значения технологических параметров процесса КИБ для выбранных условий находятся внутри предварительно заданных интервалов (см. табл. 1) и достаточно близко к центру этих интервалов.

Таблица 3

Операция	$P \cdot 10^{-3}$, Па	$U_{оп}$, В	$U_{иб}$, В	$\tau_{иб}$, мин	L, мм
Точение чугуна (НВ 240)	507	93	870	2,8	243
Точение сплава ХН77ТЮР	470	97	1000	3,2	244
Область допустимых значений параметров процесса КИБ	470-600	90-120	850-1000	2,5-3,5	240-250

Таким образом, можно утверждать о существовании оптимальных интервалов значений технологических параметров процесса КИБ, существенно более узких, чем выбранные интервалы их варьирования. Контрольные исследования в различных точках области оптимальных значений технологических параметров показали, что во всех случаях коэффициент повышения стойкости твердосплавных пластин с покрытием из нитрида титана близок к максимальному значению.

При конденсации покрытий на основе нитридов тугоплавких металлов в качестве реакционного газа использовался азот, имеющий широкую область гомогенности с большинством металлов. Эта особенность даст возможность, изменяя парциальное давление азота, воздействовать на структуру и свойства покрытий.

С увеличением парциального давления при максимальной твёрдости покрытий структура характеризуется высоким уровнем микронапряжений и плотности дислокаций $(3-4) \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. При увеличении давления азота до $1300 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ уменьшается величина микронапряжений, повышается пластичность при достаточно высокой твердости. В области невысоких парциальных давлений $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ свойства покрытий резко уменьшаются. Резко уменьшается твёрдость, возникают микропористость и микротрещины, в составе покрытий растет доля α - и β -титановых фаз, которые повышают адгезионное взаимодействие покрытий с обрабатываемым материалом.

Проведенные комплексные металлографические исследования структуры и свойств покрытий на основе нитридных соединений позволили сделать заключение, что наиболее качественные покрытия (обладающие высокой твёрдостью и микротвёрдостью фазовых составляющих, гомогенной

структурой, низкой пористостью, минимальным количеством капельной фазы) получают при давлении в реакционной камере $(532-798) \cdot 10^{-3}$ Па.

Возможность оптимизации процесса КИБ для конкретных условий указывает на необходимость жесткой регламентации параметров и управления ими на базе математических моделей процесса КИБ, что позволит существенно повысить качество покрытий на режущий инструмент.

Например, при оптимизации технологическим параметром процесса КИБ варьируемым фактором может быть выбрана скорость изнашивания инструмента J , определяемая через 15 мин работы. Фиксируемыми факторами будут: p – давление азота в вакуумной камере, МПа; $U_{\text{оп}}$ – опорное напряжение на режущем инструменте в процессе конденсации покрытия, В; $I_{\text{д}}$ – сила тока дуги, А; τ – время осаждения покрытия, мин.

За основу в этом случае принимается следующая модель: $J = C_q p^{X_q} U_{\text{оп}}^{Y_q} I_{\text{д}}^{Z_q} \tau^{M_q}$,

где X_q, Y_q, Z_q, M_q – степенные показатели, учитывающие степень влияния факторов $p, U_{\text{оп}}, I_{\text{д}}, \tau$ на скорость изнашивания; C_q – постоянная.

Для обработки технологических режимов процесса КИБ наиболее информативным является метод измерения малых величин износа по потокам микрочастиц, выделяющихся из зоны трения фрикционных пар.

При технологических режимах нанесения покрытия, основанных на априорной информации, стойкость инструмента с покрытием повысилась в 1,5–1,8 раза по сравнению с ненапыляемым. При этом стойкость инструмента после оптимизации технологических параметров процесса КИБ с использованием моделирования стала в 2,2–2,5 раза выше.

Литература.

1. Гадалов, В.Н. Применение тонкопленочных покрытий для повышения стойкости режущего инструмента / В.Н. Гадалов, Ю.В. Болдырев, Д.Н. Романенко [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. №5. – С. 22-25.
2. Гадалов, В.Н. Покрытия для твердосплавных режущих инструментов с повышенной износостойкостью / В.Н. Гадалов, А.Г. Лотырев, Во Тхань Бак // Материалы и упрочняющие технологии – 97. Курск: КурскГТУ. 1997. – С. 43-45.
3. Гадалов, В.Н. Применение метода склерометрии для оценки износостойкости композиционного материала с электрофизическими покрытиями при абразивном изнашивании / В.Н. Гадалов, И.В. Павлов, В.В. Ванев [и др.] // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы IV Межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч. 2. Курск: КурскГТУ. 2006. – С. 240 – 249.
4. Павлов, Е.В. Упрочнение и повышение режущих свойств минералокерамического инструмента при ионно-плазменном нанесении композиционных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 31-35.
5. Павлов, Е.В. Улучшение качества электрофизических покрытий при ротационном выглаживании минералокерамическим инструментом / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 35-41.
6. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.
7. Павлов, И.В. Вопросы оценки качества поверхности электрофизического покрытия после выглаживания минералокерамикой / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 176-178.
8. Павлов, И.В. Вопросы ионно-вакуумной модификации поверхностных слоев / И.В Павлов, Е.В. Павлов // Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 178-181.
9. Павлов, Е.В. Лазерная обработка как способ повышения эксплуатационных свойств электроакустических защитных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 370-374.
10. Павлов, Е.В. Исследование технологии упрочнения коленчатых валов с применением лазерной обработки / Е.В Павлов, И.В. Павлов // Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 374-377.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

В создании инструментальных материалов, обеспечивающих комплекс заданных свойств, в настоящее время и в будущем лежит идея композиционности, которая решается путем создания минералокерамических материалов с нанесенными износостойкими покрытиями. В рамках данной проблемы одной из главных задач является создание таких материалов, которые обеспечивают в процессе эксплуатации, в экстремальных условиях, релаксацию возникающих напряжений и не дают реализовываться хрупкому разрушению.

Исследования минералокерамики при обработке серого и легированного чугунов, проведенные в нашей работе [1], показали, что причиной выхода из строя неперетачивающихся режущих пластин из минералокерамики является хрупкое разрушение режущего клина и износ по передней и задней поверхностям.

Хрупкое разрушение характерно при резании с ударными нагрузками, при характерном врезании инструмента, наличии в обрабатываемом материале твердых включений, раковин, пор. Большой вклад в хрупкое разрушение вносят дефекты поверхности самих пластин, полученные при их изготовлении. Это микро- и макропоры, микротрещины, инородные включения, возникающие при пресовании и спекании, а также дефекты, являющиеся результатом последующего шлифования поверхностей: выкрашивание режущих кромок, вырывы блоков матричного материала, микротрещины, мелкие и глубокие царапины.

Во всех других вариантах преобладал износ пластин, основными причинами которого были термическая деструкция, разупрочнение поверхностных слоев, вызванное направленной высокотемпературной диффузией атомов основы из обрабатываемого материала в минералокерамику, что предопределяло образование фаз с низкой теплостойкостью и высокой адгезией к обрабатываемому материалу.

Анализ литературы с учетом собственных исследований и вышеперечисленного позволяет рекомендовать для повышения надежности работы и стойкости минералокерамических режущих пластин разрабатывать научные разработки в направлении упрочнения рабочего поверхностного слоя, в сторону разгрузки режущей кромки в тепловом отношении, за счет уменьшения количества выделяемого тепла и улучшения его отвода от режущих кромок, повышения демпфирующей способности пластинок.

Для увеличения демпфирующей способности предлагается использовать поверхностные слои с повышенной способностью поглощать энергию ударов. Повышение прочности поверхностных слоев должно решаться за счет залечивания таких дефектов поверхности, как поры, раковины, микротрещины, а также снижения шероховатости путем уменьшения влияния концентраторов напряжений. Все это приводит к уменьшению работы трения и, как следствие, решает вторую из поставленных задач, а именно улучшение отвода тепла за счет создания на поверхности пластинок (слоев) с повышенной теплопроводностью.

На основании изложенного выше представлена иерархическая структурная модель поверхностных слоев минералокерамики. Она включает в себя:

- поверхностный слой, обеспечивающий плавный переход по свойствам от материала пластинки к первому слою материала покрытия, а именно переходный слой, отводящий тепло из зоны резания;
- демпфирующий слой;
- слой с высокой износостойкостью и незначительной шероховатостью поверхности, с отсутствием сродства к обрабатываемому материалу.

С целью реализации такой трехуровневой иерархической структуры (модели) композиционного поверхностного слоя разработан комбинированный технологический процесс ионно-вакуумной модификации поверхности, представляющий собой технологический модуль, включающий в себя такие методы вакуумной ионно-плазменной обработки [2], как:

- 1) ионно-вакуумное осаждение - для создания перечисленных функций слоев;
- 2) ионная имплантация - для получения переходного слоя;
- 3) ионное перемешивание - для создания переходных зон между функциональными слоями и повышения качества покрытия в целом.

В связи с вышеизложенным возможности ионной модификации поверхностных слоев минералокерамики нам представляются в совершенствовании ионно-плазменной технологии, что позволит гибко управлять стехиометрией и структурой наносимых покрытий, при разработке комбинированных вакуумных ионно-плазменных технологий нанесения покрытий и модифицирования поверхностных слоев, которые совмещают ионное осаждение и легирование соответственно.

Большой эффект дает одновременное осаждение покрытия и активация поверхности ионным пучком.

Все вакуумные ионно-плазменные методы нанесения покрытий могут включать в себя как физические (состав наносимого материала не изменяется), так и химические процессы (образуются новые соединения). При использовании методов, называемых реактивными, происходят плазмохимические реакции с ионами рабочего газа или специально вводимыми в камеру добавками. Таким образом, можно получать покрытия из разнообразных материалов и в различных комбинациях [3-8].

Для создания износостойких покрытий реактивными методами наиболее эффективными базовыми металлами являются хром, титан, алюминий. Из металлоидов, образующих с этими металлами твердые химические соединения, наиболее подходят азот, кислород и углерод (в виде летучих соединений). В качестве легирующих элементов могут применяться d-переходные металлы: алюминий, кремний, кобальт, и многие другие элементы.

Наиболее перспективным материалом для нанесения реактивными методами износостойких покрытий является хром из-за высокой упругости его паров. Применяются покрытия из чистого хрома (точнее, легированного незначительным количеством элементов остаточной атмосферы вакуумной камеры).

Оптимальным комплексом свойств при трении в вакууме и на воздухе при высоких температурах (до 873°K) обладают покрытия Cr-O. В отличие от электрофизических хромовых покрытий, вакуумные покрытия не имеют трещин, и в них действуют остаточные напряжения первого рода сжатия. Существенное влияние на износостойкость покрытий, на значение и на знак остаточных напряжений оказывают парциальное давление кислорода и температура подложки в процессе нанесения покрытия. Увеличение парциального давления кислорода приводит к уменьшению остаточных напряжений сжатия с последующим превращением в напряжения растяжения и увеличением износа. При парциальном давлении O₂, равном $4,2 \cdot 10^{-3}$ Па, напряжения становятся столь большими, что покрытия, имеющие стехиометрический состав, растрескиваются. Наибольшей износостойкостью обладают покрытия Cr-O, наносимые при давлении кислорода $1,6 \cdot 10^{-3}$ Па и температуре подложки 873°K.

Таким образом, имеется корреляция между режимами нанесения покрытий системы Cr-O, фазовым составом и структурой, значением и знаком остаточных напряжений первого рода и триботехническими свойствами.

Авторами разработан алгоритм подбора материалов функциональных модифицированных слоев поверхности. Используя его, были предложены следующие составы композиционных покрытий для минералокерамики ВOK60 и ВOK71, применяемых при точении чугунов СЧ-20 и легированного хромистого типа ИЧХ15М:

1. Cr-(Ti-Al-O-N);
2. Cu-(Ti-Al-O-N);
3. Cu-(Cu-Al-O-N);
4. Cu-Cr(Cu-Al-O-N) и др.

Пути дальнейшего совершенствования композиционных (гибридных) покрытий видятся в проектировании автоматизированной системы управления установок, реализующих реактивное электронно-плазменное напыление (РЭП) на установках ЭПН-3, ЭПН-12 в двух типах функций: информационной и управляющей. РЭП основано на том, что испаряется материал анода, нагреваемый электронами, эмитируемыми нагретым катодом. Испаряемый металл частично ионизируется, и ионы ускоряются по направлению к обрабатываемой детали. Капельная фаза отсутствует. При использовании РЭП покрытие образуется в результате конденсации ускоренных ионов и нейтральных атомов с тепловой энергией до 1 эВ. Химическое взаимодействие с активным газом происходит как на поверхности конденсации, так и в пролетном промежутке.

В общем случае такие автоматизированные системы управления технологическими процессами требуют двух элементов разработки:

- 1) программного и информационного обеспечения технологического процесса;
- 2) технических средств автоматизации систем технологических установок.

В целом оборудование, техпроцесс, а также материал ионно-модифицированных слоев должны иметь необходимое алгоритмическое сопровождение, ориентированное на применение микропроцессорной и компьютерной техники различного уровня для решения как технологических, так и металлургических задач. Намечается движение в направлении создания «многозонных» покрытий, обеспечивающих в каждой из рабочих зон минералоинструмента необходимый набор свойств.

Главное – создание нового поколения интеллектуальных технологических модулей, обеспечивающих реализацию получения многофункциональных композиционных покрытий, придания им антифрикционных, износостойких и коррозионно-стойких свойств, которые всегда были и остаются перспективным направлением в машиностроении. Целесообразность выше предложенного определяется из соотношения эффект/цена.

Литература.

1. Гадалов, В.Н. Разработка и исследование минералокерамики при обработке серого и специального чугуна / В.Н. Гадалов, Е.В. Павлов, И.В. Павлов // *Материалы и упрочняющие технологии: сб. матер. X юбилейной Росс. науч.-техн. конф. с междунар. уч-ем, посвященной 40-летию образования Курского государственного технического университета*. Курск. 2003. Ч.1. – С. 76-84.
2. Семенов, А.П. Упрочнение материалов вакуумными ионно-плазменными методами: справочник / А.П. Семенов // *Инженерный журнал*. 2000. № 1. – С. 3-8.
3. Павлов, Е.В. Улучшение качества электрофизических покрытий при ротационном выглаживании минералокерамическим инструментом / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2*. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 35-41.
4. Павлов, И.В. Универсальная установка для упрочнения поверхности / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1*. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 174-176.
5. Павлов, И.В. Вопросы оценки качества поверхности электрофизического покрытия после выглаживания минералокерамикой / И.В Павлов, Е.В. Павлов // *Образование, наука, производство и управление: Сборник научных и научно-метод. докладов Междунар. научно-практич. конф.: в 2 томах. Т.1*. Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2009. – С. 176-178.
6. Павлов, Е.В. Упрочнение и повышение режущих свойств минералокерамического инструмента при ионно-плазменном нанесении композиционных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: Материалы VI межд. научно-техн. конф.: в 2 ч. Ч.2*. Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – С. 31-35.
7. Павлов, Е.В. Лазерная обработка как способ повышения эксплуатационных свойств электроакустических защитных покрытий / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф.* Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 370-374.
8. Павлов, Е.В. Исследование технологии упрочнения коленчатых валов с применением лазерной обработки / Е.В Павлов, И.В. Павлов // *Физические и компьютерные технологии. Труды 15-ой междунар. научно-техн. конф.* Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С. 374-377.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТЕРНЫХ И КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

Л.А. Пашкова, Н.М. Гуляев, Л.М. Иванов

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Кемеровская обл, г. Новокузнецк, ООО «СПК-Стык»

E-mail: l-pashkova@inbox.ru

Большинство отраслей современной промышленности не может обойтись без использования конвейерных механизмов, по которым транспортируется различная продукция. Основным элементом конвейеров являются транспортерные или конвейерные ленты. Транспортерные ленты обычно используют для перемещения штучных, кусковых и сыпучих грузов (доломит, уголь, руды цветных и черных металлов и пр.) в горно-перерабатывающей, горно-обогачительной промышленности, в машиностроении, строительстве и т.д. Конвейерные ленты – чаще применяют в пищевой, текстильной, бумажной, деревоперерабатывающей, фармацевтической и прочих отраслях для транспортировки мелкогабаритной продукции. В процессе эксплуатации конвейерные и, особенно, транспортерные ленты подвергаются широкому спектру силовых и физико-химических воздействий, поэтому они отличаются исключительной прочностью и надежностью. Производство конвейерных лент осуществляется в строгом соответствии с нормативными требованиями.

Многообразие транспортируемой продукции предполагает и столь же широкое конструктивное и технологическое разнообразие видов транспортерных и конвейерных лент. Поэтому при выборе лент необходимо учитывать область их применения, характер транспортируемых грузов и условия эксплуатации. Наряду с продукцией общего назначения производители предлагают конвейерные ленты специального назначения (для специальных условий эксплуатации) – морозостойкие, теплоустойкие, трудно воспламеняющиеся, пищевые, имеющие дополнительную защиту (например, с тяговым металлическим каркасом). Помимо этого, выделяют следующие виды лент: шевронная, рифленая, гладкая, бесшовная дробеструйная и пескоструйная резиноканевая лента, изделия с поперечными ребрами и гофробортом, устойчивая к воздействию масел, абразивов и других загрязнителей полимерная транспортерная лента и так далее. В целом все представленные на рынке транспортерные ленты можно классифицировать следующим образом: изделия общего назначения для очень тяжелых, тяжелых и легких условий эксплуатации, т.е. они бывают повышенной износоустойчивости, средней прочности или обычные.

Нормативные требования к качеству и обеспечению безопасной эксплуатации лент допускают их повторное применение после восстановления в результате разрыва, если выполняются следующие условия:

- разрывная прочность стыковых соединений конвейерных лент по отношению к разрывной (номинальной) прочности ленты должна быть не менее 50% - для механических соединений резиноканевых многопрокладочных лент;
- стыковка лент должна производиться в соответствии с инструкцией изготовителей стыковочных материалов;
- допускается соединение тканевых лент участков конвейеров при углах наклона выработки до 10 градусов.

Восстановить поврежденную ленту или устранить порыв можно двумя способами – вулканизацией и механическими соединителями (Рис.1). Эти способы давно и широко применяются как в России, так и за рубежом [1-11].

У каждого из методов существуют свои достоинства и недостатки. При стыковке любым из этих способов прочность соединения конвейерной ленты напрямую зависит от профессионализма персонала, выполняющего работы, соблюдения нормативов работ при разделке концов конвейерной ленты, сборке стыка и от качества применяемых при стыковке материалов.

Вулканизацию лент выполняют горячим и холодным способами. Горячая вулканизация - метод стыковки конвейерных лент с использованием специальных вулканизационных составов, под действием высоких давлений и температур, когда синтетические и натуральные каучуковые смолы "сплавляются" с рабочей поверхностью конвейерной ленты образуя непрерывный рабочий слой.

Для предприятий и производств, использующих теплостойкие конвейерные (транспортерные) ленты, наилучшим и предпочтительным вариантом является стыковка лент с использованием вулканизационных прессов. Так как технология горячей вулканизации похожа на технологию производства самой ленты, то этот способ позволяет достичь прочности стыка 98% от прочности новой конвейерной ленты.

Технологию вулканизации можно проводить в один этап и в два. В первом случае обрабатывают зону повреждения, потом накладывают специальный пластырь, который отличается особой эластичностью, заполняя всю зону. После этого производится горячая вулканизация поврежденной зоны и эластичного пластыря с использованием приспособлений с эластичными нагревательными элементами, дающими возможность охватить всю поврежденную поверхность целиком.

Во втором случае вулканизацию проводят дважды: сначала обрабатывают и вулканизируют только зону повреждения, затем на место повреждения накладывается вязкая резина или эластичный пластырь, и участок разрыва снова вулканизируется. Такая двойная процедура обеспечивает идеальное затверждение резины, плотно закрывая поврежденное место или восстановленный стык.

Для горячей вулканизации необходимо специальное оборудование, поэтому восстановление ленты по данной технологии часто бывает невозможно без демонтажа. Горячая вулканизация практически не имеет ограничений и дает возможность стыковать любые резиноканевые и резинотросовые ленты, хотя является более дорогим и трудоемким методом стыковки. Метод горячей вулканизации можно применять для стыковки как однослойных, так и многослойных лент из каучуковых, тканых и полимерных материалов, а также лент, армированных металлическими вставками. Одной из проблем, которая возникает при использовании этого метода – является неравномерность нагрева слоев ленты, изменение физических и механических свойств составляющих материалов [1], [2]. В

качестве одного из методов уменьшения влияния температуры и сохранения физико-механических свойств армирующих материалов в зоне термического влияния применяют ультразвук [3].

Для предприятий, которые используют конвейерные ленты общего назначения (или морозостойкие), наиболее приемлемым методом стыковки является холодная вулканизация двухкомпонентными клеями. Прочность стыка в этом случае достигает 70% от прочности самой транспортной ленты. Основным недостатком является то, что по окончании стыковки требуется дополнительная длительная выдержка ленты при температуре не ниже 0°C (в зависимости от применяемых стыковочных материалов от 2 до 24 часов), так же при наличии сильной запыленности помещения стыкование конвейерной ленты методом холодной вулканизации очень сложно произвести, а порой просто невозможно. Стыковка при высокой влажности (ниже точки росы) исключена.

Для горячей вулканизации конвейерных лент применяют специальные прессы – вулканизаторы.

Для склеивания и ремонта конвейерных лент методом холодной вулканизации необходимы следующие материалы: двухкомпонентный клей на основе полихлоропренового каучука для склейки резиноканевых конвейерных лент, не содержащий фторуглеродных соединений; отвердитель; лента со специальным клеящим слоем для заделки стыковых швов на рабочей и нерабочей стороне конвейерной ленты.

Таким образом, преимуществами горячей вулканизации, являются долговечность (лента может эксплуатироваться еще 12 месяцев после ремонта) и высокая гибкость ленты после вулканизации. Достоинствами холодной вулканизации являются: меньшая трудоемкость, отсутствие необходимости в специальном оборудовании, восстановление ленты можно производить на работающем оборудовании.

В последние годы широкое распространение получил способ стыковки транспортных лент с помощью механического крепления. Такое крепление стало возможным благодаря созданию новых конструкций лент с высокопрочными несущими слоями на основе синтетических тканей. Использование механического соединения существенно снижает время ремонта, так как нет необходимости в демонтаже оборудования, что позволяет облегчить техническое обслуживание, снизить время простоя и увеличить производительность транспортера или конвейера. Стыковку лент с помощью механического крепления можно выполнять на действующем руднике, горнодобывающем или металлургическом предприятии, в условиях сильной запыленности, когда невозможно осуществить холодную вулканизацию. Для нормальной работы конвейера и обеспечения постоянного тягового усилия необходимо регулирование натяжения ленты. Особенно актуальна эта проблема для длинных транспортеров, работающих в стесненных условиях [4]. Во многих случаях механическая стыковка обеспечивает необходимое натяжение ленты. Кроме того, такое соединение рационально в тех случаях, когда, в силу особенностей технологического процесса, необходимо изменять расстояние, на которое перемещают грузы, т.е. длину транспортера. Для угольных шахт важным является сама технология механического крепления: подготовка концов ленты и непосредственное соединение выполняется взрывобезопасным инструментом [5].

Надежность и долговечность транспортной или конвейерной ленты с механически соединенным стыком, зависит, в первую очередь, от правильного выбора вида и типа соединителей [6], [7]. Как было указано выше, разрывная прочность стыковых соединений конвейерных лент после их стыковки с помощью механических соединителей, должна составлять не менее 50% от разрывной (номинальной) прочности ленты. Этого можно достичь при правильном выборе материала и формы соединителей, а также оптимального расположения их по ширине ленты с оптимальным шагом [8], [9]. Все эти параметры зависят, прежде всего, от типа ленты [10]. Кроме того, необходимо учитывать технологию очистки ленты и конструкцию очистителей [11].

В условиях шахт Кузбасса для перемещения грузов применяют ленты фирмы FTT WOLBROM (Польша-Россия): резиноканевые, трудногорючие GTP (ГГ) для транспортировки сыпучих материалов на горнорудных предприятиях (Польша); резиновые ленты со стальными тросами (трудновоспламеняющиеся и трудногорючие GTP-ST) применяются на длинных и наклонных транспортных магистралях; абразивостойкие ленты для транспортировки материалов в диапазоне рабочих температур от «минус» 25°C до «плюс» 65°C; резиноканевые теплостойкие ленты для транспортировки горячих сыпучих материалов.

В последние годы получили широкое распространение цельнотканые конвейерные ленты марки Fenner Dunlop. Благодаря цельнотканому каркасу из синтетического и хлопчатобумажного волокна, пропитанного ПВХ, ленты надежно удерживают механические соединители.

Для использования в цельнотканых конвейерных лентах пригоден широкий спектр соединителей, таких, например, как соединители марок Mato, Goro, Titan и Flexco.

В качестве соединительных элементов используются: специальные болты, неразъемные заклепки, болты с шарнирами, шарниры совместно с заклепками (рис.1).



Рис. 1. Болты с шарнирами, шарниры совместно с заклепками.

Соединители, используемые при механическом сцеплении, могут иметь различные формы, типы, а также способы крепления. Наиболее известными являются механические соединители лент известных компаний MLT (Франция) и Flexible Steel Lacing Co (США).

Способ крепления транспортерных лент MS с самонарезающими винтами от компании MLT (Minet Lacing Technology) предназначены для тяжелых резиноканевых конвейеров. В комплектацию входят соединительная пластина, самонарезающие винты и соединительный стержень. Для соединения конвейерных лент также применяются эластичные соединения Super Screw фирмы MLT Франция (рис.2). Эластичное соединение имеет следующие достоинства:

- гибкость во всех направлениях, поэтому совместим с барабанами малых диаметров (от 160 мм).
- высокая прочность на разрыв (прочность соединения составляет более 50% от прочности самой ленты);
- способность к растяжению перед разрывом на 55 мм,
- стык не возвышается над поверхностью ленты.



Рис. 2. Соединения Super Screw

Механические соединители **Flexco (США)** выпускаются двух видов: шарнирное и болтовое неразъемное. В зависимости от требуемых параметров (тип транспортерной ленты, максимальная нагрузка, вид и особенности производства) подбираются разные соединители. При обслуживании конвейеров с резиновым покрытием, применяемых на рудниках или в металлургии, подойдут соединители для стальной ленты Flexco Bolt Hinged, Flexco Rivet inged, **механические соединители ANKER (рис.3)**.

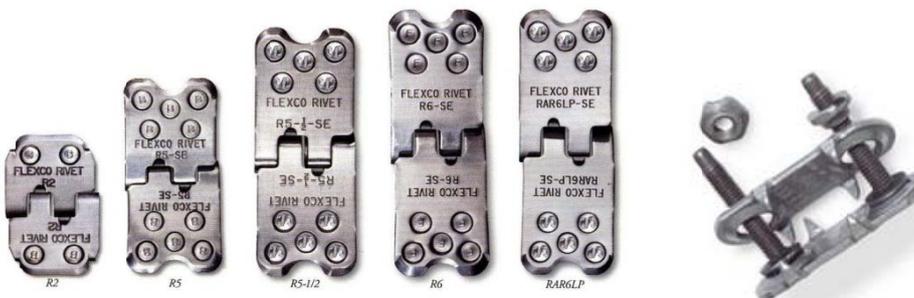


Рис. 3. Соединители Flexco Bolt Hinged, Flexco Rivet inged, Заклепочный шарнир соединений Rivet Hinged

Накоплен достаточно большой опыт эксплуатации механических заклепочных шарнирных соединений Rivet Hinged и болтовых неразъемных соединений Bolt Solid Plate более чем на 15 угольных шахтах Кузбасса, Воркуты, Восточного Донбасса («Распадская», «Первомайская» и т.д). На оборудование Flexco для стыковки и ремонта лент получено разрешение Госгортехнадзора РФ.

Из российских производителей известна компания «СПК-Стык» (г. Новокузнецк), которая разработала технологию и запатентовала способ стыковки различных типов полотен конвейерных лент соединением «Вулкан» (рис.4).



Рис. 4. Соединитель «Вулкан-круг»

Особенность этого способа состоит в компрессионном сжатии стыкуемых концов ленты при помощи винтовых механических соединителей с предварительной ступенчатой разделкой полотна. Прочность и надежность механического соединения «Вулкан» обеспечивается расчетом усилия сдавливания винтами ленточного полотна в месте соединения, с помощью верхних и нижних прижимных элементов, установленных в определенном порядке и воздействующих на соединяемые концы ленточного полотна. При этом не допускаются просечки полотна между прижимной площадью соединителей в одной плоскости. В расчетную основу стыковки входит определенное количество элементов в стыке: их рядность, формы шайб, схемы разделки ленточного полотна. Пример расчетной схемы для ленточного полотна прочностью до 2500 кН/м, диаметра барабана более 500 мм – приведен на рис.5.

Благодаря компрессионной затяжке резьбовых соединений прочность стыков, выполненных с помощью соединителей «Вулкан», увеличилась на 10% по сравнению с прочностью аналогичных конструкций других фирм и составила, в среднем, 65% от прочности стыкуемой ленты. Компанией «СПК-Стык» было проведено более 30 испытаний на прочность стыкового соединения «Вулкан» для разных типов конвейерных лент в ОАО «НЦ ВостНИИ». Результаты проведенных испытаний подтвердили правильность разработанных методов расчета и составленных на их основе схем установки соединителей «Вулкан», т.к. прочность стыковых соединений неизменно составляла свыше 60% от прочности ленты, независимо от ее марки и размера.

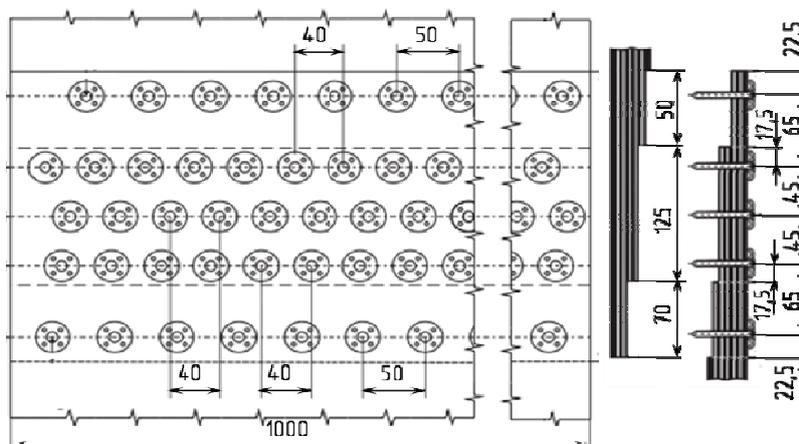


Рис. 5. Расчетная схема ленточного полотна

В сравнении с существующими механическими соединителями, можно отметить следующие преимущества стыковых соединений «Вулкан»:

- более высокая прочность;
- продолжительный срок эксплуатации после стыковки;
- время монтажа – не более трех часов;
- возможность применения в тяжелых условиях (в том числе - повышенной влажности и высоких температурах);
- отсутствие ограничений по месту и условиям монтажа;
- безопасность для целостности очистителей, роликов, футеровки конвейерных барабанов.

Механический метод стыковки транспортерных и конвейерных лент используется на протяжении многих лет. Появляются новые технологии производства и конструкции лент, в соответствии с этим – разрабатываются новые типы механических соединителей. Этот способ соединения и ремонта остается востребованным в тех производствах, где длина ленточного конвейера из-за особенности производства постоянно изменяется; в тех случаях, когда требуется в минимальные сроки состыковать необходимые узлы транспортера или конвейера, чтобы уменьшить его простой, а также в условиях угольных шахт с сильно запыленной и взрывоопасной средой.

Литература.

1. Dobrota, D., Petrescu, V 2015 Modelling of the heat transfer in the process of joining by vulcanisation of conveyor belts Academic Journal of Manufacturing Engineering 13 (2), pp. 48-53.
2. Dobrota, D 2015 Vulcanization of rubber conveyor belts with metallic insertion using ultrasounds Procedia Engineering.
3. Barburski, M., Góralczyk, M., Snycerski, M. 2015 Analysis of changes in the internal structure of PA6.6/PET fabrics of different weave patterns under heat treatment Fibres and Textiles in Eastern Europe 23 (4), pp. 46-51.
4. Viren, E.A., Alspaygh, M.A. 2004 The evolution of intermediate driven belt conveyor technology Bulk Material Handling by Conveyor Belt V pp. 77-84.
5. Finnegan, K 2007 Tools for timely belt repair Bulk Solids Handling 27 (1), pp. 42-44.
6. Finnegan, Kevin 2007 Belt fastener selections World Cement 38 (4), pp. 193-198.
7. Finnegan, K. 2001 Selecting plate-type belt fastener systems for heavy-duty conveyor-belt operations Pit and Quarry 81 (10)
8. Pray, Winston 1980 Mechanical fasteners for conveyor belts Plant Engineering (Barrington, Illinois) 34 (5), pp. 233-237.
9. Miller, B., Wingfield, J. 2003 Mechanical fasteners improve uptime of light-duty belt Paper Age 119 (4), pp. 34-37.
10. Feltes, Michael J. 1989 Keeping the belts conveying Pit and Quarry 81 (10)
11. Castro E.G. 2003 Conveyor modifications lead to improve performance: Output and uptime increased at Mexico's largest coal mine Canadian Mining Journal 124 (6), pp. 24-25.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИКОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

И.В. Павлов¹, к.т.н., доц., Е.В. Павлов², к.т.н., доц.

¹Курский монтажный техникум

305016, г. Курск, ул. Советская, 14, тел. (4712)-38-40-73

²Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел. (4712)-32-60-90

E-mail: piv.vip@mail.ru

Многие детали и изделия из сплавов на титановой основе изготавливают методом порошковой металлургии с последующим нанесением электрофизических покрытий.

Области применения спеченных титановых сплавов могут быть расширены в результате применения комбинированных электрофизико-термических процессов обработки (КЭФТПО), основанных на объединении в одной операции нескольких технологических воздействий, среди которых базовым является термический.

В настоящей работе рассматривается электроискровое легирование (ЭИЛ), в частности его разновидность локальное электроискровое нанесение покрытий (ЛЭНП), совмещенное с обработкой CO₂ – лазером высокой мощности порошковых титановых псевдо α- сплавов.

Рассматриваемые процессы отличаются интегральным характером воздействия на поверхность детали (анода) в рабочем пространстве обработки (РПО) и локальным воздействием концентрированным потоком энергии (КПЭ) различной природы: электрической, тепловой, ультразвуковой, электромагнитной (лазерное излучение).

Теоретические исследования физических и химических явлений и эффекта взаимодействия, претерпевающих в РПО, базируются на основных положениях физики твердого тела, теплофизики, электрохимии и термодинамики необратимых процессов. Эти положения позволяют теоретически исследовать эффекты взаимодействия внешних технологических воздействий при их комбинировании в одном технологическом процессе [1]. Особенностью всех процессов, реализующихся в РПО, является их нестационарность, вызванная локальным импульсным воздействием КПЭ на поверхность металлического анода. После окончания воздействия КПЭ происходит процесс релаксации (возврата к прежнему стационарному состоянию) в локальной области поверхности анода. Таким образом, возникает нестационарность всех физико-химических явлений и эффектов, прямо или косвенно влияющих на формообразование [2,3].

В последние годы интенсивное развитие получили процессы последовательного комбинированного упрочнения. Такая обработка, например, включает предварительное нанесение поверхностных покрытий и собственно лазерное облучение. Поэтому её можно рассматривать как разновидность КЭФТПО, для повышения эффективности которой целесообразно совершенствование обеих этапов процесса.

В то же время эффективность построения комбинированной обработки определяется закономерностями суммирования воздействий физических и химических явлений. Возникающие при комбинированной обработке явления и связанные с ними выходные параметры качества изделий зависят от следующих основных факторов: - числа подводимых физико-химических воздействий (процессов);

- способа подвода каждого воздействия в РПО и характера размещения их между собой в пространстве и времени;

- количественных характеристик, совмещаемых воздействий и прежде всего величины энергии каждого из них и соотношения их значений между собой;

- технологической среды.

Вышеприведенные признаки являются основой для разработки большинства как известных, так и вновь создаваемых процессов КЭФТПО.

Ниже приведены некоторые результаты их реализации в производстве порошковых изделий из титановых сплавов.

В настоящее время для повышения износостойкости и восстановления специзделий из порошковых титановых сплавов, работающих по принципу «втулка - втулка» применяют электроискровое легирование (ЭИЛ) и его разновидность локальное электроискровое нанесение покрытий (ЛЭНП) порошковым электродом, которое занимает прочные позиции в реновации деталей машин и механизмов в различных отраслях промышленности.

Полный комплект технологического оборудования состоит из болгарской установки «ЭЛФА - 541» для локального электроискрового нанесения покрытий, CO₂- лазера с максимальной мощностью 2,5 кВт и системы контроля температуры с применением инфракрасного спектра излучения.

На подложку из спеченного сплава ТЮ7М2Ф2Ц2 (Al 5,5...7,0; Zr 1,4..2,5; Mo 0,5...1,8; V 0,8...2,3; Ti- остальное вес. %) наносили покрытие методом ЛЭНП порошковым электродным материалом ПГ-10Н-01 (Cr 14,0...20,0; Fe 4,0...4,5; Si 2,8...4,2; В 0,6...1,0; Ni – остальное вес. %) с добавками TiC 1,0...1,5 вес. %.

Толщина электроискровых покрытий составляла 150...180 мкм. Последующая обработка проводилась на CO₂-лазере непрерывного действия по четырем режимам выходной мощности: I – 2,2; II – 1,7; III – 1,2; IV – 0,8 кВт, изменением которой варьировалась глубина проплавления.

Скорость нанесения лазерных дорожек была от 5 до 15 мм/с, диаметр потока составлял 1,5 мм при частоте сканирования 160 Гц и амплитуде 10 мм.

На подложке (цилиндрические валики) из порошкового титанового сплава ТЮ7М2Ф2Ц2 с электроискровым покрытием после лазерной обработке получали расплавленные треки длиной 1,3...3,5 см. Для контроля свойств от 3 до 5 валиков разрезали по образующей цилиндра (||) и (⊥) направлению обработки.

Металлографические исследования проводили на микроскопе «Neophot-21», рентгеноструктурный фазовый анализ осуществлялся на установке «Дрон – 3М», микрорентгеноспектральные ис-

следования на приборе «Камека – MS46», микротвёрдость измеряли на ПМТ – 3, а адгезионная прочность оценивалась по методике [4].

Износостойкость исследовали на машине торцевого трения при истирании образцов пальчикового типа. Кроме того, для испытаний использовалась машина трения 2070 СМТ-1, на которой реализована схема трения диск – колодка. Величина износа определялась с помощью профилографа – профилометра модели 252 от искусственной базы, которой служила предварительно проточенная канавка. Испытания проводили в масле «индустриальное - 20». Контр-телом являлся образец с покрытием, обработанный лазером. Скорость скольжения составляла 6 м/с при контактном давлении 10 МПа.

Комплексными металлофизическими исследованиями, проведенными в наших работах [5-7] установлено: для электроискрового покрытия характерна сложная слоистая структура с темно-серыми и белыми слоями с включениями, имеющими различные объём и форму, в месте контакта покрытия с основой наблюдаются отслоения и трещины, по всему объёму покрытия имеется беспорядочные разбросанные поры разного размера от 3...6%.

Указанные проблемы частично решаются применением комбинированных (двойных) способов поверхностной обработки, которые включают лазерную обработку с последующим поверхностно-пластическим деформированием (ППД), в частности выглаживанием минералокерамикой. После обработки лазером структура резко меняется: происходит расплавление покрытия и части подложки и формирование нового состава поверхностного слоя. Известно, что при расплавлении покрытия непрерывным лазером циркуляционное движение оплавленного металла и перемешивание расплава осуществляется за счет термокапиллярного эффекта.

В нашем случае нагрев покрытия проводился сфокусированным лучом диаметром 1–3 мм с высокой плотностью мощности лазерного излучения $10^5 \dots 10^6$ Вт/см², при таких условиях время термического воздействия на каждую микрону покрытия составляет 0,2...1,0 с. за это время происходит полный термический цикл процесса: нагрев микрозоны до температуры плавления, образование ванны расплава и перегрев её сопровождающийся перемешиванием; кристаллизация расплава и охлаждение зоны обработки за счет теплоотвода массивной подложки. При этом скорости охлаждения достигают $10^4 \dots 10^6$ град/с.

Металлографическими исследованиями установлено, наибольшая глубина проплавления наблюдается при режиме I и достигает 1500...1600 мкм. При уменьшении вводимой мощности глубина расплавленной зоны уменьшается и при режиме IV она составляет 350...450 мкм.

В тоже время в зависимости от вводимой мощности (т.е. расплавленного микрообъёма) изменяется скорость охлаждения формирующегося нового покрытия, которое металлографически проявляется на микроструктуре в виде «белого» плохотравящегося слоя (рис. 1). Полученное покрытие плотно связано с подложкой химически: поры, трещины и отслоения отсутствуют. Структура слоя представляет собой тонкий конгломерат фаз.

При обработке в режиме II и III получающаяся структура более дисперсная, чем при режиме I,

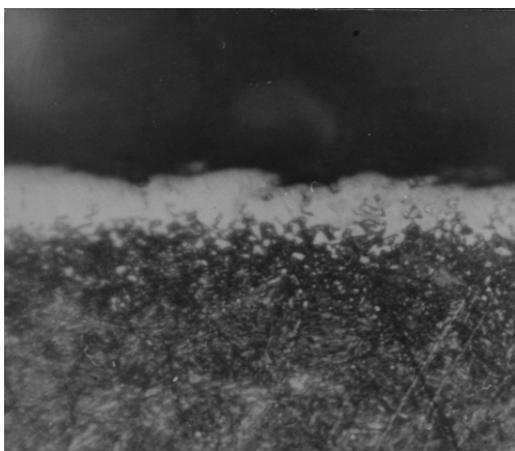


Рис. 1. Микроструктура композита (спеченный титановый сплав ТЮ7М2Ф2Ц2 с электроискровым покрытием ПГ-10Н-01 после лазерной обработки) (×300)

т.е. уменьшение вводимой мощности способствует более высоким скоростям охлаждения. Режим IV вызывает формирование слоя с микрокристаллической структурой, сложной и неоднородной по составу, содержащей метастабильные кристаллическую и аморфные фазы. Присутствие аморфных фаз подтверждается методом просвечивающей электронной микроскопии.

На отдельных микродифракционных картинах от тонких фольг, полученных электрохимической полировкой косога среза композита в зоне лазерного оплавления, отсутствуют дифракционные максимумы. Наблюдается лишь достаточно интенсивное размытое кольцо вокруг неотклоненного пучка электронов, а также второе и третье, ещё более размытые кольца значительно меньшей интенсивности, что характерно для аморфных материалов. По данным рентгенографических и микрорентгеноспектральных исследований слой

имеет сложный состав и содержит γ -твердый раствор на основе никеля, бориды - Ni_3B , Ni_2B , NiB , и TiC . Гамма твердый раствор неоднороден по составу – имеет значительную ликвацию по хрому и железу, значительно уменьшающуюся после лазерной обработки.

Соотношение объемного содержания аморфных и кристаллических фаз, в основном определяется скоростью охлаждения, т.е. режимом лазерной обработки.

В результате воздействия режима IV увеличивается доля аморфной фазы, о чем свидетельствует повышение микротвердости.

Исследования адгезионной прочности методом царапания также подтверждает положительное влияние лазерной обработки на качество и работоспособность электроискровых покрытий.

Проведенными исследованиями установлено, что химический состав покрытия, тип лазера и среда имеют решающее влияние как на твердость, так и на шероховатость поверхности. Обнаружено, что гладкая поверхность ($Ra = 1$ мкм) изучаемого композита образуется при применении непрерывного CO_2 лазера мощностью 2,2 кВт и скоростью перемещения 10 мм/с с применением защитной атмосферы из 100% Ar.

Лазерная обработка в атмосферных условиях сопровождается окислением поверхности, которое ухудшает условия теплоотвода и в ряде случаев не позволяет достичь сверхкритических скоростей охлаждения, достаточных для некристаллического затвердевания

Также установлено, что толщина электроискрового покрытия является важным конструктивным фактором для достижения оптимальных свойств упрочненной поверхности. Так, чтобы полностью расплавить слой толщиной около 30 мкм требуется поток излучения с низкой плотностью энергии 1,0...1,4 Дж/мм². Для расплавления слоя толщиной 1500...1800 мкм используется поток излучения с более высокой плотностью энергии 3,0...4,5 Дж/мм², включая её наибольшие значения.

Композиционный поверхностный слой, полученный в результате расплавления лазером, после нанесения электроискрового покрытия, обладает меньшей пористостью, однако на его поверхности наблюдаются трещины. Эти трещины обычно ориентированы перпендикулярно к поверхности и мало влияют на адгезионные характеристики слоя. Обычно такие трещины удаляют применением ППД – шлифованием или выглаживанием.

Исследования показывают, что в зависимости от вводимой мощности лазерного воздействия изменяется глубина проплавления, химический и фазовый состав получающихся покрытий. Морфологические изменения структуры покрытий обусловлены высокими скоростями охлаждения расплавляемых микрообъемов, что позволяет получить микрокристаллические покрытия с аморфной фазой с различной степенью дисперсности. Следовательно, варьируя режимами можно управлять природой выделяющихся упрочняющихся фаз.

Повышение микротвердости и износостойкости обусловлено изменением степени легирования твердых растворов, фазового и химического составов, а также формированием структуры с диспергированными мелкокристаллическими и аморфными фазами.

В связи с этим представляется возможным рекомендовать необходимые режимы последующей лазерной обработки электроискровых покрытий, полученных методом локально электроискрового нанесения. Таким образом, прогнозируется использование комбинированной обработки, включающей электроискровое легирование, применение лазера и ППД для порошковых титановых сплавов, что расширит области их применения в качестве триботехнических материалов и триботехнических элементов.

Литература.

1. Гуров, К.П. Феноменологическая термодинамика необратимых процессов – М: Наука. 1978. 128 с.
2. Дикусар, А.И. Термокинетические явления при высокоскоростных электродных процессах / А.И. Дикусар, Г.П. Энгельгард, А.Н. Молин. – Кишинев: Штиница.1989. 144 с.
3. Давыдов, А.Д. Лазерно-электрохимическая обработка металлов / А.Д. Давыдов // Электрохимия. 1994. Т. 30. № 8. С. 965-976.
4. Гадалов, В.Н. Применение метода склерометрии для оценки износостойкости композиционного материала с электрофизическими покрытиями при абразивном изнашивании / В.Н. Гадалов, И.В. Павлов, О.Н. Болдырева и др. // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы IV межд. научно-техн. конф. Курск: Курск. гос. техн. ун-т. 2006. С. 31-40.
5. Гадалов, В.Н. Исследование структуры и свойств порошкового титанового сплава с электроискровыми покрытиями / В.Н. Гадалов, О.Н. Болдырева, Е.В. Иванова и др. // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы IV межд. научно-техн. конф. Курск: Курск. гос. техн. ун-т. 2006. С.59-68.

6. Павлов, Е.В. Упрочнение металлорежущих инструментов с помощью локального электроискрового нанесения покрытий / Е.В. Павлов // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 10-й юб. межд. научно-техн. конф., г. Ялта. – Киев: АТМ Украины, 2010. – С. 144-147.
7. Павлов, Е.В. Совершенствование технологии локального электроискрового нанесения покрытий при упрочнении и восстановлении режущих инструментов / Е.В. Павлов, Шин Лиин Зо, И.Н. Родионова // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях: материалы II межд. научно-практ. конф. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2011. – С. 303-306.

ОБ ОПЫТЕ ОБКАТКИ РЕЗЬБЫ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

М.В. Песин^{1,2} к.т.н., А.Р. Юсупов¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
²ООО «Пермская компания нефтяного машиностроения», г. Пермь, Россия

Нефтяная промышленность является одним из главных поставщиков сырьевых ресурсов в РФ, и служит фундаментом развития основных областей экономики страны, поэтому нефтедобывающие предприятия особенно нуждаются в качественном оборудовании, инструменте и энергоэффективных технологиях.

Для бурения скважин используются следующие виды труб: бурильные трубы, утяжеленные бурильные трубы (УБТ), ведущие бурильные трубы (ВБТ), толстостенные бурильные трубы (ТБТ).

В таких трубах резьбовые соединения воспринимают большие осевые нагрузки и крутящие моменты, поэтому к ним предъявляются повышенные требования по точности изготовления и надежности. Помимо осевой нагрузки и динамических вибраций на трубы действует изгибающий момент, а также они подвергаются воздействию агрессивной среды. Основной проблемой в применении вращательно-ударного способа бурения является недостаточная работоспособность бурильных труб и, прежде всего, соединительных узлов. Наиболее частой причиной преждевременного выхода из строя бурильных труб становится разрушение резьбового соединения «ниппель-муфта» показано на рис. 1 [1].

Около 44% аварий на китайских нефтяных скважинах вызваны разрушением резьбового соединения бурильных труб [2]. Устранение последствий таких происшествий приводит к затратам от нескольких сотен тысяч до миллиона долларов [1, 2].

По результатам исследования, участков резьбы, на котором напряжения максимальны, являются впадина резьбы и зона перехода впадины резьбы в боковую часть витка резьбы.

В связи с этим разработка технологического обеспечения упрочняющей обработки резьбовых соединений бурильных труб, а также проведение усталостных испытаний, которые значительно сократят расходы на исследование существующих и внедрение новых изделий соединений, являются актуальными.

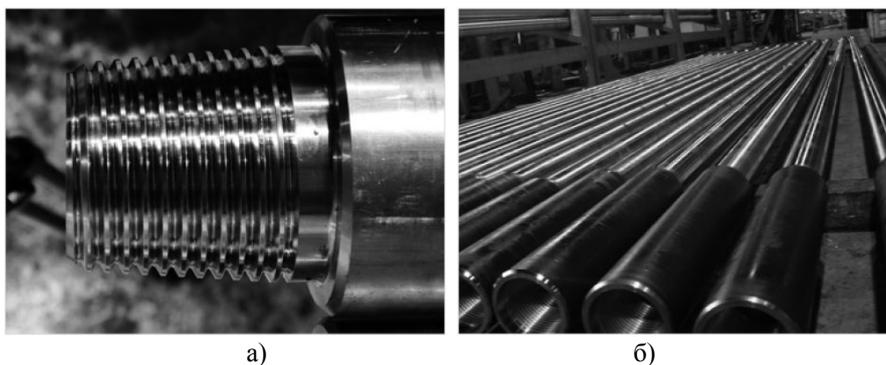


Рис. 1. Утяжеленная бурильная труба: а) ниппельная часть; б) муфтовая часть

Увеличение прочности резьбового соединения труб делится на три группы: перераспределение нагрузки, благодаря изменению угла конуса соединения «ниппель-муфта»; снижение концентраций напряжения путем изменения формы резьбы, за счет увеличения радиуса канавки; создание остаточных напряжений, препятствующих росту трещин путем обкатки резьбы роликом, шариком и пр. [1].

Первые две группы увеличения прочности резьбового соединения требуют больших капитальных вложений в разработку, испытание и внедрение новых конструкций бурильных труб, поэтому наиболее целесообразной является третья группа.

Однако, на данный момент применяются различные методы упрочняющей обработки поверхностей изделий, которые можно использовать и для резьбового соединения: поверхностная пластическая деформация; плазменное упрочнение; термические и химико-термические методы упрочнения, а именно, методы химического осаждения; электролитические методы упрочнения и комбинированные методы упрочнения.

Для выбора рационального метода упрочнения резьбовых поверхностей необходимо руководствоваться влиянием таких факторов как окружающая среда, температура, условия работы, свойства эксплуатируемого материала и т.д. Наиболее простым технологическим методом, повышающим усталостную прочность резьбовых соединений и менее затратным, является метод поверхностной пластической деформации (ППД).

В результате ППД повышаются твердость и прочность поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается параметр шероховатости R_a , увеличиваются радиусы закругления вершин, относительная опорная длина профиля и т.п. [5]. Формирование поверхностного слоя с заданными свойствами должно обеспечиваться технологией упрочнения. В настоящее время этот метод получил широкое применение. В свою очередь, метод ППД имеет следующие разновидности: обкатывание роликами, алмазное выглаживание, дробеструйная обработка, виброгалтовка и др.

Рекомендуемым методом упрочнения резьбового соединения является обкатывание роликами, так как данный метод обеспечивает: повышение микротвердости резьбовой поверхности трубы (резьбовой канавки и боковой поверхности витка резьбы); повышение герметичности соединения; устранение явлений схватывания и задиров; не требует значительных затрат.

Метод обкатывания роликами, показан на рис. 2, обладает рядом преимуществ: возможностью встраивания технологии и оборудования в действующие технологические процессы; высокий срок службы профильных обкатных инструментов; низкие, в сравнении с другими технологиями, эксплуатационные затраты и доступность расходных материалов; возможностью использования технологии как для упрочнения ниппельной, так и муфтовой резьбы [4].



Рис. 2. Пример обкатки трубы роликами

Анализ показал отсутствие научных и методологических основ технологического процесса упрочнения резьбовых соединений роликом, направленных на повышение эффективности эксплуатации бурильных труб, постановки математической модели процесса деформации впадины резьбы и численного решения этой задачи, определяющей взаимосвязь режимов упрочняющей обработки и основных параметров качества поверхностного упрочненного слоя, а, именно, шероховатости, микротвердости, наклепа и усталостной прочности.

Выполнено компьютерное моделирование процесса упрочнения впадины резьбы обкаткой роликом. Приведена концептуальная и математическая постановка задачи. В результате серии вычислительных экспериментов с использованием пакета *ABAQUS* получены оценки распределений остаточных напряжений в зависимости от степени вдавливания ролика.

В процессе обкатывания резьбы роликом в приповерхностных слоях материала межвитковой впадины резьбы формируются области сжимающих напряжений, что приводит к упрочнению приповерхностного слоя и препятствует возникновению микротрещин. Но, в результате данного процесса в подповерхностных слоях материала резьбы могут формироваться области значительных растяги-

вающих напряжений, что может приводить к возникновению внутренних микро- и макротрещин, приводящих к разрушению конструкции. Подбирая оптимальные параметры процесса (геометрия ролика и сила его прижатия), можно получать благоприятные для данной конструкции распределения остаточных напряжений.

Разработана методика и проведены усталостные испытания свинченных образцов. Во время испытания прикладывалась знакопеременная нагрузка от изгибающего момента при каждом этапе нагружения. Проведено исследование влияния обработки на усталостную прочность поверхности усталостных испытаний.

В результате можно сделать вывод, что наиболее частой причиной преждевременного выхода из строя бурильных труб становится разрушение резьбового соединения «ниппель-муфта»; участками резьбы, на котором напряжения максимальны, являются впадина резьбы и зона перехода впадины резьбы в боковую часть витка резьбы; сравнение результатов показало увеличение наработки обкатанного резьбового соединения над непроченным в 2,7...3,7 раза; наиболее простым технологическим методом, повышающим усталостную прочность резьбовых соединений и менее затратным, является метод поверхностной пластической деформации; как показывает опыт производства труб и переводников бурильных колонн, рекомендуемым методом упрочнения резьбового соединения является обкатывание роликами.

Литература.

1. Macdonald K.A. Failure analysis of drillstrigs // *Engineering Failure Analysis*. - 2007. - №14. - P. 1641-1666.
2. Xiao-Hua Zhu The parameter sensibility analysis for fishing box tap based on the overall process of elastoplasticity in oil and gas wells // *Mathematical and Computer Modeling*. - 2013. - №58. - P. 1540-1547.
3. Песин М.В. Повышение надежности бурильных труб на стадии проектирования путем использования математического моделирования процесса упрочнения резьбовой поверхности // *Экспозиция Нефть Газ*. – 2013. - №2(27). - С. 56-57.
4. Pesin M.V. Improving the Reliability of Threaded Pipe Joints // *Russian Engineering Research*. - 2012. - Vol. 32. - №2. -P. 210-212.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

*Р.С. Федюк, ст. преподаватель, А.В. Мочалов, начальник учебной части учебного военного центра, Ю.Ю.Ильинский, начальник учебной части военно-морского отдела учебного военного центра Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс 20 тел. (423)-226-91-23
E-mail: roman44@yandex.ru*

Огромные территории в настоящее время заняты золоотвалами тепловых электростанций. Утилизация золы за счет применения ее для производства строительных материалов, позволит решить важную экологическую проблему современного промышленного мира. Эксперимент, как активное воздействие на объект с целью получения необходимого эффекта, требует на свою реализацию некоторого расхода ресурсов: материальных, временных, трудовых и других. В связи с этим, план эксперимента должен быть составлен таким образом, чтобы при проведении минимального количества опытов была получена достаточная информация для анализа изучаемой системы [1].

Матрица плана содержит сведения об уровнях всех исследуемых факторов в каждом опыте для разных испытаний. Уровни факторов в матрицах записываются в нормализованных (кодированных) значениях. Кодирование переменных при экспериментально-статистическом моделировании производится по формуле:

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\Delta X_i}, \quad (1)$$

где x_i - кодированное значение i -ой переменной; X_i — натуральное значение i -той переменной; \bar{X}_i — среднее значение i -той переменной; ΔX_i — интервал варьирования i -той переменной.

Из (1) следует: если $X_i = X_{i \min}$, (для нижнего уровня) то $x_i = -1$; если $X_i = \bar{X}_i$, (для среднего уровня) то $x_i = 0$; если $X_i = X_{i \max}$, (для верхнего уровня) то $x_i = 1$. Возврат от кодированных переменных к натуральным происходит по вытекающему из (1) соотношению:

$$X_i = x_i \cdot \Delta X_i \quad (2)$$

В качестве объектов моделирования используются: на первом этапе – композиционное вяжущее, на втором - фибробетон. Количество регулируемых факторов (X_j), воздействующих на объект, примем равным 3. Тогда уравнение модели запишется в следующем виде:

$$Y=C_1+C_2x_1+C_3x_2+C_4x_3+C_5x_1^2+C_6x_2^2+C_7x_3^2+C_8x_1x_2+C_9x_1x_3+C_{10}x_2x_3 \quad (3)$$

Согласно [1], лучшим для построения квадратичной модели (2.3) в области материаловедения и технологии можно считать план Бокса (В3). Математический план предусматривает варьирование трех факторов на трех уровнях (нижнем, среднем и верхнем) и предполагает проведение опытов в 15 точках факторного пространства. Математический план в кодированных значениях представлен в табл. 1.

Таблица 1

План эксперимента в кодированных переменных

№	X_1	X_2	X_3
1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1
4	-1	-1	+1
5	+1	+1	-1
6	-1	+1	-1
7	+1	-1	-1
8	-1	-1	-1
9	0	0	-1
10	0	0	+1
11	0	-1	0
12	0	+1	0
13	+1	0	0
14	-1	0	0
15	0	0	0

При выполнении работы необходимо определить, какие свойства объекта моделирования могут быть зафиксированы на имеющемся в лаборатории оборудовании и какие из факторов способны оказать на эти свойства существенное влияние.

В частности, для проектирования композиционного вяжущего, состоящего из цемента, известняка, золы уноса теплоэлектростанций и гиперпластификатора, а в дальнейшем – изготовление из вяжущего фибробетона [2-3]; результаты анализа представлены в табл. 2-3.

Таблица 2

Показатели качества композиционного вяжущего и определяющие их факторы

№	Отклики системы Y	Факторы X_i
1	Средняя плотность смеси, кг/м ³	Доля золы и известняка в вяжущем, соотношение воды и твердых компонентов, содержание гиперпластификатора, применение кольматирующих добавок, способ механоактивации (различные мельницы), тонкость помола
2	Средняя плотность сухого образца, кг/м ³	
3	Прочность на сжатие, МПа	
4	Пористость, %	

Таблица 3

Показатели качества фибробетона и определяющие их факторы

№	Отклики системы Y	Факторы X_i
1	Призменная прочность, МПа	Состав бетона (доля вяжущего), соотношение воды и твердых компонентов, различное армирование (разные фибры), процент армирования, температура используемой воды, время перемешивания смеси
2	Предел прочности при сжатии, МПа	
3	Эффективный коэффициент диффузии, см ² /с	
4	Водопоглощение по массе, %	
5	Водопроницаемость	
6	Воздухопроницаемость, см ³ /с	
7	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	

Из полученного набора (табл. 2-3) выбрали для дальнейшего исследования, наиболее интересные для повышения непроницаемости по три фактора:

1. Для композиционного вяжущего: доля золы и известняка в вяжущем, удельная поверхность, способ механоактивации (различные мельницы).

2. Для фибробетона: состав бетона (доля вяжущего), различное армирование (разные фибры), процент армирования.

Затем установили интервал варьирования: доля золы уноса - 40-50%, доля известняка – 5-20% от массы сухих компонентов; удельная поверхность – 500-900 м²/кг, доля вяжущего в бетоне – 15-30%, процент армирования по массе– 0,001-0,0004% (для базальтовой фибры), 1-2% (для стальной фибры).

Выбранный математический план записывается в информационную таблицу, которая включает следующие элементы:

- сведения о количественных (или качественных) уровнях всех исследуемых факторов в каждом опыте;

- сведения о числе параллельных испытаний, каждого из показателей системы в каждом опыте;

- сведения о количественных результатах эксперимента для каждого показателя функционирования системы в каждом опыте и в каждом параллельном испытании;

- оценка среднего результата эксперимента параллельных испытаний.

Литература.

1. Тугарина А.О. Фиброгазозобетон с использованием продуктов растительных полимеров: дисс. ... канд. тех. наук. 05.23.05 / Тугарина Анна Олеговна. - СПб: СПбГАСУ, 2009. -166 с.
2. Агеева М.С., Лесовик Г.А., Шаповалов С.М., Михайлова О.Н., Тахиров С.З., Помошников Д.Д., Федюк Р.С. Влияние времени помола на свойства композиционного вяжущего // Вестник Белгородского государственного технического университета им. В.Г. Шухова. -2015. - № 4. – С. 28-32.
3. Лесовик В.С., Федюк Р.С. Бетоны с пониженной проницаемостью на сырьевых ресурсах Дальнего Востока // Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» (24-26 марта 2015 г., г. Грозный). В 2-х томах. Т.1. – Грозный: ФГУП «Издательско- полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. – С. 440-448

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Д.А. Лубяной, к.т.н., ведущий инженер, В.Н. Орлов, генеральный директор

ООО «Гидромаш-НК»

654000, г. Новокузнецк, ш. Северное, 14, тел. (3843)-59-14-06

E-mail: Lubjanoy@yandex.ru

В настоящее время на машиностроительных предприятиях региона широко внедряются прогрессивные технологии позволяющие повысить качество металлопродукции. Данные технологии широко внедрены в большой металлургии, хорошо там отработаны. В настоящее время они применяются и в литейном производстве. В России расширяется производство и применение высокопрочного чугуна. Производство такого чугуна немыслимо без получения чугунов с пониженным содержанием серы. Основное производство такого чугуна ранее находилось на Украине.

Получение данного чугуна в России в виду этого затруднительно. Ввиду это разработка нетрадиционных способов производства низкосернистого чугуна становится очень актуальной.

Ранее индукционную печь рассматривали как плавильный агрегат, позволяющий получать чугуны с заданными свойствами, за счет возможности получения чугуна с узкими пределами по химическому составу и проведения термовременной обработки расплава. Исследования, выполненные в последние годы на ОАО «ЗСМК» [1-4] убедительно показали, что возможности индукционных печей ИЧТ-10М значительно шире. Так индукционная плавка, при неполном заполнении тигля, позволяет значительно интенсифицировать процессы раскисления шлага, при его взаимодействии с углеродом металла [1], при этом значительно снижается содержание кислорода и водорода в чугуне. Наиболее интересные результаты получены при деазотации чугуна шлаком [2,3], когда шлак становится активной фазой и при атмосферном давлении получено снижение содержания азота на 30% и более от исходного его содержания. Данная технология [1-6] применяется на ОАО ЗСМК более 15 лет, показала свою простоту и доступность при реализации технологическим персоналом и защищена авторским свидетельством [3]. Значительная эффективность данной технологии, позволившая повысить свойства чугуна для отливки сменного сталеразливочного оборудования и стойкость изделий [5], широкое

опробование данной технологии[7] предопределило дальнейшее использование в индукционных печах активного шлакового расплава. В литературе известен способ десульфурации чугуна в кислой индукционной печи смесью, состоящей из цианамид кальция[8], силикатной глыбы и плавикового шпата, данный процесс продолжительный, протекает при температурах 1480-1500 °С. Так как шлак в этом случае плавает на поверхности тигля, то в зависимости от полноты удаления основного шлака с зеркала металла наблюдается разъедание тигля, которое за неделю достигает по глубине пояса 60 мм и по ширине 80 мм. Для ремонта разъеденной части футеровки используют кварцевую массу, замешанную на жидком стекле[8].

Для предупреждения этих негативных явлений в ОАО “ЗСМК” разработана и внедрена технология [9], позволяющая экранировать футеровку от частиц шлака расплавом металла.

Технология десульфурации чугуна в кислых индукционных печах известью и плавиковым шпатом подробно изложена в работах [1,4,9,10].

Скорость десульфурации чугуна в индукционных печах промышленной частоты, при заполнении тигля 80% незначительна и не превышает 0,030% в час, частицы шлака плавают на поверхности тигля и не вовлекаются в объем металла.

При меньшем заполнении тигля(60-70%) частицы известкового шлака вовлекаются электромагнитными потоками в ванну индукционной печи. Поверхностный слой частиц шлака, как показали исследования, с привлечением методики [1], раскисляется углеродом металла и кремнием. Вследствие этого растворимость серы резко увеличивается, и поверхностный слой частиц шлака поглощает серу из металла. Далее потоки металла выносят насыщенные серой частицы шлака на поверхность, контактирующую с атмосферой печи, где поверхностный слой частиц шлака окисляется кислородом атмосферы [1,]. В результате растворимость серы в поверхностном слое резко снижается, и она, выделяясь из шлака, окисляется кислородом до SO_2 и удаляется в атмосферу печи. Данный процесс многократно повторяется. Скорость удаления серы при этом значительно увеличивается и достигает при наполнении тигля 50% -0,00072%/мин, а при 30% -0,0015%/мин(0,090% в час). Для оценки развития процессов по данному механизму проведено исследование на содержание SO_2 в атмосфере печи и газоотводящих трактов с помощью универсального газоанализатора УГ-2. Как показали балансовые плавки и исследование газосодержания в отходящих газах от индукционной печи ИЧТ-10М, по данному механизму удаляется от 16 до 80 % от удаленной серы, при этом удельное содержание SO_2 в отходящих газах увеличивается почти в 3 раза при этом большему значению десульфурации, по данному механизму, соответствует меньшее заполнение тигля.

При наведении шлака целесообразно применение комковой извести вместо мелочи. За время обработки куски извести не успевают полностью раствориться и не образуют гомогенного шлакового расплава, который при выдержке во время скачивания шлака может попадать на футеровку и разъедать ее. Как показали эксперименты, такой шлак в процессе работы с комковой известью не образуется, чем и объясняется тот факт, что данный способ десульфурации металла практически не сказался на стойкости футеровки печи. Анализ проб шлака, отобранных во время и после десульфурации, показал, что в процессе обработки данным способом шлак, как правило, гетерогенный, состоящий из отдельных мелких (1–4 мм) кусков извести с ошлакованной поверхностью.

Для обеспечения наилучшей десульфурации необходимо выдерживать следующие параметры: степень заполнения тигля печи – 50 %; основность шлака – 1,4–1,5; температура обработки – 1420 – 1430 °С; окисленность шлака не должна превышать 0,5 % [4]. Данная обработка значительно улучшает микроструктуру чугуна [1,10]. Время скачивания шлака после обработки не превышает 10 минут. Экранирования кусков извести металлом в процессе обработки, малое время на скачивание шлака, температура окончания данной обработки и слой гарнисажа на футеровке печи сводят до минимума разрушение футеровки печи при соблюдении параметров обработки [9]. Недостатком данной технологии является то, что для эффективной обработки чугуна почти пол печи, из-за недостаточной мощности печи ИЧТ-10 М перед обработкой приходится сливать в ковш перед присадкой известковой смеси, что существенно снижает суммарную степень десульфурации металла. Кроме того необходимо подчеркнуть, что операцию десульфурации чугуна в индукционных печах промышленной частоты, как показал опыт применения, следует производить не постоянно, а эпизодически, например:

1. При превышении содержания серы в чугуне выше указанной в марке.
2. При получении низкосернистой шихтовой заготовки для потребителя.
3. При повышении содержания серы в исходной шихте в чугуне, используемом для получения высокопрочного чугуна, например валков. После операции десульфурации чугуна, в обязательном порядке необходимо производить осмотр футеровки, даже в случае отсутствия разрушения которой, производится последующая плавка методом переплава боя изложниц для увеличения слоя гарнисажа в печи.

В настоящее время на ООО «Гидромаш – НК» внедряется комплекс технологий на индукционных и дуговых электропечах, включающий в себя выплавку чугуна и стали в дуговых и индукционных кислых электропечах, термовременную обработку расплава, отработаны схемы внепечной обработки чугуна как при продувке металла сверху полой трубой, так методом резонансно-пульсирующего рафинирования.

Особенностью технологии на этом предприятии являются малые типоразмеры печей и, как следствие этого, большие удельные поверхности перемешивания, высокая скорость протекания процессов и возможность иметь высокую скорость рафинирования металла и значительно повысить его качество. Это особенно становится актуальным сейчас, когда остро стоит вопрос импорта замещения и поднимаются вопросы повышения качества продукции до уровня, не уступающего качеству импортных деталей.

В этой связи есть большие преимущества у литейного производства, перенимающие технологические приемы достаточно хорошо опробованные в большой металлургии.

В качестве иллюстрации данного положения мы можем привести результаты внедрения технологий большой металлургии на ОАО "Сибэлектромотор". На данном предприятии используются среднечастотные печи MFT Ge 6.000.

Большая удельная мощность индукционных печей средней частоты позволила значительно улучшить параметры данной технологии, так, как показали наши исследования, выполненные на индукционной среднечастотной печи MFT Ge 6.000, время обработки снизилось до 1,5-2,5 минут. Как показали измерения стенок тигля, если температура перегрева чугуна не превышала 1520°C, как было рекомендовано в работах [1,7,], то разрушения футеровки также не наблюдалось. Необходимо подчеркнуть, что десульфурацию чугуна, на среднечастотных печах, как показали опыты, ввиду большей скоротечности процессов, можно производить не более чем 2 плавки подряд, после чего производится плавка без десульфурации с температурами перегрева не выше 1520° С для увеличения слоя гарнисажа в печи.

Интересно оценить скорости десульфурации в индукционных печах и при вдувании шлакообразующих компонентов и коэффициент массообмена по методике Ладыженского Б.Н. и Тункова В.П. [10].

Так в работах Платонова Б.П. [8], при десульфурации в индукционной печи, достигнуты скорости десульфурации порядка 0,060%/в час, в работах Ладыженского Б.Н. и Тункова В.П. [10] при десульфурации металла под шлаком без продувки скорость составляет 0,0038% в час, при продувке металла порошкообразной известью в струе аргона достигнута скорость 0,065% в час. Результаты наших исследований, представленных в работе [10] показывают, что скорость десульфурации чугуна в индукционных печах промышленной при заполнении тигля 30% уже превосходит данные Платонова Б.П., Ладыженского Б.Н. и Тункова В.П. значительно и составляет 0,090% в час.

На среднечастотных печах картина значительно меняется. Если при заполнении тигля 100% скорость удаления серы составляет 0,264 % в час (0,0044% в мин), то при заполнении тигля 80-95% и удельной мощности печи 850-926 кВт на тонну скорость десульфурации возрастает и составляет 0,50-0,58% в час (0,0084-0,0096 % в мин.) и на порядок превышают данные, приведенные в работах [8,10]. Анализ количества присаживаемой шлаковой смеси на обработку показал, что при равной степени десульфурации металла количество шлакообразующей смеси, присаживаемой в работе [10] больше чем в нашем случае (около 1%) более чем в 2-3 раза (2-3 и более % [10]), при этом скорость удаления серы ниже на порядок. На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Механизм удаления серы в индукционной печи по сравнению с вдуванием в расплав шлакообразующей смеси принципиально иной.

2. Шлак в таких условиях является не аккумулятором удаленной серы, а промежуточной фазой, через которую сера транспортируется в газовую фазу.

3. Вероятно 0,0015%/мин (0,090% в час) - это технологический предел скорости удаления серы в индукционных печах промышленной частоты, т.к. наполнение тигля менее 30% технологически нецелесообразно.

4. Дальнейшее повышение скорости массообменных процессов может происходить только при переходе на печи средней частоты.

Сопоставим коэффициенты массопереноса в индукционных печах по методике Ладыженского Б.Н. [10]:

$$K = (2,3/t) \lg(C_0/C_t) \quad (1)$$

где K - коэффициент массообмена;

C₀ - первоначальная концентрация серы в чугуне;

C_t - концентрация серы в чугуне в момент времени t

Оценки показали, что коэффициент массопереноса в индукционных печах средней частоты больше коэффициента массопереноса в печах промышленной частоты, рассчитанного по формуле (1) на порядок.

Таким образом, в индукционных печах средней частоты максимальный массообмен при взаимодействии шлака и металла.

Это позволяет в основном для индукционных печей средней частоты и, лишь частично, для индукционных печей промышленной

частоты, использовать новые технологические возможности (раскисление шлака углеродом металла, дегазация чугуна, например деазотация чугуна кислым шлаком, десульфурация чугуна), обусловленные большей мощностью и интенсивностью перемешивания этих печей, активизирующей химические процессы взаимодействия металла и шлака [10] при проведении операций в самой печи, тем самым сократить затраты на получение чистых шихтовых материалов, затраты на покупку модификаторов и на строительство дорогостоящих установок для внепечной дегазации чугуна .

Таким образом, индукционную печь средней частоты можно рассматривать как универсальный плавильный агрегат, позволяющий получать отливки высокого качества с минимальными затратами. Применение разработанных технологий позволило существенно повысить качество отливок и повысить их эксплуатационную стойкость

Литература.

1. Эффективность современных способов повышения качества изделий из чугуна и развитие металлургических и машиностроительных предприятий в условиях конкуренции/Д.А.Лубяной,Б.А.Кустов,Н.И.Новиков и др.; Под редакцией к.т.н. Лубяного Д.А. и к.э.н. Новикова Н.И.-Новосибирск : Изд-во ИЭОПП СО РАН,2004.-131 с.
2. Лубяной Д.А.,Нейгебауэр Г.О. ,Цымбал В.П.,Дробышев А.Н.Поведение азота при плавке чугуна в индукционных печах с кислой футеровкой.//Известия вузов.Черная металлургия .1991г.№2с.76-80.
3. Чичков В.И., Попов Н.А., Болдов В.П. и др.Способ получения синтетического модифицированного чугуна в индукционной печи промышленной частоты. Авторское свидетельство № 1636448.
4. Чичков В.И. ,Лубяной Д.А., Самсонов Ю.Н. и др.Результаты внедрения ресурсосберегающей технологии в литейном цехе ОАО «ЗСМК». // Литейщик России 2004.№7с.27-29.
5. Кустов Б.А.,Чичков В.И.,Жарикова Н.Н.,и др.Повышение стойкости поддонов из чугуна индукционной плавки. /Сталь .1989 г.№6 с.28-30.
6. ЦепелевВ.С.,СелянинИ.Ф., и др.Термовременная обработка расплава чугуна.//Сталь 1995№5 с.42-45.
7. Лубяной Д.А.,Чичков В.И.,Самсонов Ю.Н. ,Старченко В.Г. и др.Внедрение термовременной обработки на металлургических и машиностроительных предприятиях Кузбасса. Труды седьмого съезда литейщиков России .Том1.Новосибирск 23-27 мая 2005г. С.89-92.
8. Индукционные печи для плавки чугуна.М. Машиностроение 1976г. 176с.
9. Лубяной Д.А., Соловьев С.А., Яппаров Р.Т., Старченко В.Г. Способ десульфурации в индукционных печах с кислой футеровкой .Патент РФ №2108396.
10. Лубяной Д. А., Лубяная С.В. Анализ металлургических возможностей индукционных печей промышленной и средней частоты Проблемы черной металлургии и материаловедения //– 2013. – № 4. – С. 36-39.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ БЕДНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

А.С. Байсанов, к.т.н., заведующий лабораторией ХМИ им.Ж.Абишева,

А.З. Исагулов, д.т.н., первый проректор КарГТУ,

Г.Е. Сиргетаева, магистр металлургии, докторант

Химико-металлургический институт имени Ж.Абишева,

Карагандинский государственный технический университет

10000, г.Караганда, Бульвар Мира 56,

E-mail: gulzhan_karakeev@mail.ru

Исследования по обогащению марганцевых руд химическими методами интенсивно проводились в СССР. Известны такие методы обогащения как азотокислотный метод переработки карбонатных руд с целью выделения перекиси марганца (разработанный в Институте прикладной химии АН СССР), кислотнo-железистые методы обогащения марганцевых шламов, содержащих 13-15% марганца, а также дитионатный и кислотнo-железистые методы обогащения марганцевых руд и шламов с содержанием марганца от 10,7 до 22,3% [2].

Таблица 1

Характеристика некоторых марганцевых продуктов, производимых на зарубежных предприятиях.

Страна, фирма	Продукты	Содержание основных компонентов, %				
		Mn	Fe	SiO ₂	P	назначение
Австралия	ГТП	52,2	3,3	3,2	0,09	Э
	Исх.р.	46	3,2	6,8	0,09	М
ЮАР	ГТП	51,6	8 – 11	3 – 5	0,04	н.св.
Бразилия	ГТП	35,1	3,4	8,7	н.св.	Э,М
	ГТП	49,0	5,5	2,5	0,09	н.св.
Габон	ГТП	51,4	3,2	2,7	н.св.	Э
	н.св.	51,0	2,9	2,6	0,10	М
Индия	Исх.р.	48	7,0	8,0	0,15	М
	Исх.р.	46	н.св.	12	0,18	М
	Исх.р.	40	н.св.	45	0,3	н.св.

Принятые сокращения: ГТП – готовый товарный продукт; Исх.р. – исходная руда; Э – для электротехнической промышленности.

К группе гидрометаллургических методов относятся гаусманитовый метод, разработанный институтом Уралмеханобр, и гидрометаллургический метод дефосфорации и обескремнивания марганцевых руд и концентратов, разработанный Днепропетровским металлургическим институтом (ДметИ).

По гаусманитовому методу карбонатные марганцевые минералы руды посредством обжига во вращающейся печи переводят в устойчивый труднорастворимый оксид марганца – гаусманит, фосфор избирательно выщелачивают и в нерастворимом остатке получают малофосфористый марганцевый концентрат. Однако гаусманитовый метод не решает вопроса обескремнивания руд, который очень важен для снижения потерь марганца с отвальными шлаками при выплавке ферромарганца.

Сущность пирогидрометаллургического метода ДметИ состоит в спекании измельченной до фракции – 0,16 мм марганцевой руды или концентрата с содой или содопоташной смесью. После выщелачивания полученного спека горячей водой фосфор и кремнезем переходят в раствор, весь марганец остается в осадке. Известны также содовый и сульфитный методы обогащения марганцевого сырья.

Концентраты, полученные при использовании химических способов обогащения в виде пыли и пасты, по фракционному составу не отвечает требованиям ферросплавного производства. К тому же концентраты, полученные гаусманитовым и дитионатным методами обогащения, содержат соответственно 20 и 40% влаги, что препятствует их дальнейшему непосредственному использованию в плавке. Невозможность масштабного применения химических методов обогащения к казахстанским рудам объясняется их дороговизной. Так обогащение низкосортных концентратов химическим методом стоит приблизительно в 10 раз дороже, чем механическое обогащение. Применение кислотно-железистого и дитионатного методов химического обогащения шламов потребует еще больших затрат. Надо учитывать, что главной целью вышеперечисленных методов обогащения является дефосфорация, а также уменьшение содержания кремнезема в концентрате, и что они разрабатывались специально для высокофосфористых украинских руд [1].

При переработке железомарганцевых руд Центрального Казахстана проблема удаления фосфора не стоит столь остро, как при использовании Никопольских (Украина) руд, так как из-за низкого содержания фосфора казахстанские руды считаются высококачественными, уникальными. Что касается высокого содержания кремния в казахстанских рудах, то это тоже можно отнести к положительным факторам. Так как при получении высококремнистых сплавов кремнезем является полезным компонентом шихты, специально вводимым в нее. С этой точки зрения руды Ушкатынского и Атасуйского месторождений целесообразно рассматривать как комплексное сырье для выплавки силикомарганца. Подобный подход к руде обеспечивает не только снижение себестоимости, но и большую экономию капитальных вложений. Поэтому целесообразно ориентировать использование Атасуйской железомарганцевой и Ушкатынской окисленной руды на выплавку силикомарганца, так как в перспективе производство силикомарганца по темпам роста будет намного опережать производство ферромарганца.

Наряду с требованиями к качеству концентратов по фосфору и кремнезему, существуют ограничения по содержанию железа. Так как для выплавки высокопроцентного ферромарганца и силикомарганца отношение марганца к железу в марганцевых рудах должно быть соответственно не ниже 8 и 6. Это объясняется полным переходом железа в ферросплавы, что приводит к их разубоживанию по марганцу. Марганцевые руды Атасуйской группы указанным требованиям не отвечают, поскольку отношение марганца к железу в этих рудах колеблется от 0,63 до 4. Для выплавки из этих руд марганцевых ферросплавов требуется их предварительная подготовка: получение концентрата и удаление из него железа. Способ плавки бедных руд на богатый марганцовистый шлак с целью удаления железа широко используется в практике производства марганца и марганцевых сплавов.

Производство марганцовистого шлака, пригодного для выплавки марганцевых ферросплавов, развивалось в двух направлениях:

- получение богатого марганцовистого шлака (с низким содержанием железа и фосфора) методом селективного восстановления последних;

- выплавка из руд чугуна с повышенным содержанием марганца и последующей продувкой его в конвертере для получения богатого марганцовистого шлака.

Первые работы по получению марганцовистого шлака относятся к двадцатым годам прошлого века. Исследователи проводили плавки на шлак с последующим использованием его для выплавки силикомарганца. Позже получение богатого марганцовистого шлака путем восстановительной плавки руды нашло широкое распространение в практике производства металлического марганца.

В 1957-1958г.г. разработан юди-процесс, основанный на многостадийной схеме переработки бедных марганцевых руд, включающую трубчатую вращающуюся печь для обжига руды и известняка, отражательную печь для восстановления оксидов железа и серию электропечей для получения конечного продукта – рафинированного ферромарганца. При этом полупродукты плавки от агрегата к агрегату передаются в жидком виде. Продукция, полученная по юди-процессу, дешевле продукции, полученной из богатых марганцевых руд по общепринятой технологии.

Другой способ получения богатого марганцовистого шлака (БМШ) – выплавка зеркального чугуна и продувка его в конвертере на марганцовистый шлак. Он особенно развит в США и ФРГ, что связано, по-видимому, с широким развитием в этих странах конвертерного процесса на базе кислородного дутья.

Специально для казахстанских руд был разработан двухстадийный металлургический способ переработки бедных железомарганцевых руд Атасуйской группы. Предлагаемая технологическая схема складывается из следующих стадий: получение магнитного железомарганцевого концентрата с примерным содержанием 21% марганца, 20,5% железа, 14,7% кремнезема и 13,6% окиси кальция, переplava полученного концентрата на шлак и зеркальный чугун в электропечи и последней стадии – выплавки из высокомарганцовистых шлаков стандартных марганцевых сплавов. Предложенный метод имеет ряд недостатков и поэтому не нашел должного применения:

- отвлекаются существующие печные мощности на производство шлака;
- процесс получения БМШ периодический, поэтому применяемые электропечи мощностью 5-16,5 МВА используются не на полную мощность;
- большие тепловые затраты на расплавление шихтовых материалов;
- получение шлака сопровождается образованием трудновосстановимых минералов;
- необходимость использования в плавке дорогостоящего восстановителя (коксового орешка);
- большие энергетические затраты, расход электроэнергии составляет 950 кВт·час на 1 т шлака;
- полученный шлак требует дальнейшую подготовку, заключающуюся в дробление, усреднение и в расसेве.

Потери марганца при металлургическом обогащении составляют около 15%.

Литература.

1. Отчет ХМИ им. Ж.Абишева. Разработка термодинамических и кинетических моделей фазовых превращений в системе Mn-Fe-C-O для условий комплексной переработки железомарганцевых руд Казахстана / Рук. Толымбеков М.Ж. - Караганда, 2008. – 146 с.
2. Отчет ХМИ им. Ж.Абишева. Разработка сквозной технологии переработки некондиционных железомарганцевых руд с получением товарного концентрата и стандартных марок марганцевых сплавов / Рук. Толымбеков М.Ж. - Караганда, 2006. – 109 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

М.С. Баус, студентка 3 курса

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, 8-913-873-55-18,

E-mail: Maria_70_1@mail.ru

При изготовлении литых заготовок для деталей машин и приборов важное место отводится специальным способам литья:

- по виду выплавляемых моделей,
- керамическая форма,
- кокиль,
- под давлением,
- центробежное литье,
- электрошлаковые.

Отдельные виды литья обеспечивают возможность получить отливки высокой точности, с качественными поверхностными характеристиками, минимизированными показателями припуска на обработку отливки.

Еще в глубокой Древности было известны способы выплавления по восковым моделям изделий, которые в свою очередь послужили прообразом современного процесса литья. В времена Возрождения величайшие литейщики, художники, скульпторы применяли восковые заготовки для отливки металлических изделий, оружия и украшений. Восковые модели использовались древнерусскими ремесленниками при изготовлении пушек, колоколов, украшений, предметов русского быта. Со временем распространение процессов изготовления отливок по выплавляемым моделям явило свою экономическую эффективность использования в приборостроении и машиностроении. В наше время процесс изготовления отливок должен отвечать современным тенденциям общества, то есть механизирован и автоматизирован. Созданы автоматизированные литейные цехи по производству точных отливок для важных отраслей экономики государства, таких как машиностроение, ВПК и приборостроение.

Хотя процесс развития и совершенствование методов литья шел не одно столетие в литейном производстве существуют проблемы, которые необходимо решить: оптимизация процессов, удешевить процесс, внедрение новых передовых технологий по защите экологии, повышение уровня безопасности, привлечение молодых специалистов в отрасль, внедрение компьютерных технологий в процесс, автоматизация процесса. Необходимо разрабатывать новые технологии и совершенствовать старые в литейном производстве. Процессы литейного производства представляют собой сложную систему, на которую оказывают множество неучтенных факторов, поэтому для совершенствования процессов литейного производства необходимо внедрять и реализовывать принципы математического моделирования.

В наше время имеется нехватка информации о системах автоматизированного моделирования систем литейного процесса. Множество рекомендаций носит более общий характер и специально не затрагивает некоторые специфические вопросы, основанные на оригинальных математических моделях и особенностях численных алгоритмов математического анализа.

Обычно причиной несоответствия результатов математического моделирования с экспериментом, в частности, по литейным дефектам, образование которых может протекать вне полости отливки, является игнорирование при моделировании отдельных этапов технологического процесса.

Оптимизация производственного процесса изготовления отливки состоит из следующих составляющих: идентификация (поиск) математической модели - уравнения связи выходного показателя качества отливки (целевой функции, параметра оптимизации) с параметрами этой отливки или технологического процесса (входными факторами). Модель – это идеализированная система, показывающая отдельные наборы свойств изучаемого объекта.

Любой процесс можно описать различными моделями, но главное при этом то, что ни одна модель не может абсолютно полно и всесторонне описать реальную систему. Но хочется отметить, что использование приближенной модели, включающая в себя определенные свойства исследуемого объекта, дает возможность более точно увидеть взаимосвязь процессов и свойств, влияние внешних характеристик, качественный и количественный состав входов и выходов, быстрее сформировать необходимые выводы, разработать правильные решения в конкретной ситуации.

В общем случае математическая модель реального объекта, процесса или системы представляется в виде системы функционалов.

$$O_i(Q, W, P, t) = 0,$$

где Q - вектор входных переменных, $Q = [q_1, q_2, q_3, \dots, q_N] t$,
 W - вектор выходных переменных, $W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_N] t$,
 P - вектор внешних воздействий, $P = [p_1, p_2, p_3, \dots, p_N] t$,
 t - координата времени.

Прогресс моделирования связан с разработкой прикладных компьютерных систем математического моделирования, поддерживающие полный жизненный цикл модели. Успешное решение указанных задач требует от исследователей заниматься разработкой численных методов, качественной реализацией их в виде программных средств, обеспечивающих диалоговое общение пользователя с рабочей станцией (компьютером), ведь все аналитические методы имеют жесткие ограничения по области применения и используются обычно для простых систем или частей сложной системы, обычно в линейной составляющей. Такие технологии исследований с обширным применением цифровых моделей и компьютера получили название вычислительный эксперимент.

Главным управляющим воздействием в установке индукционного нагрева является распределенное по объему нагреваемого изделия внутренние источники тепла, индуцированные электромагнитным полем индуктора. Природа распределения вихревых токов зависит от множества факторов, обусловленные электрическими и теплофизическими свойствами материала, температурой нагрева, частотой источника питания и др. Следовательно, для анализа динамических свойств объекта управления, синтеза высокоточных систем регулирования температуры необходимо знать зависимость характера, распределения внутренних источников тепла в металле в процессе нагрева.

Для формирования полной картины изменения характера распределения плотности тока и мощности в загрузке в процессе нагрева и возможности аналитического описания функции распределения внутренних источников тепла необходимо последовательно решить электромагнитную и тепловую задачу. Разделение во времени процедур расчета электромагнитного поля и теплового поля объясняется разной инерционностью этих процессов. Данные составляющие позволяют создать полностью или частично независимые процедуры расчетов электромагнитных и тепловых полей. Несмотря на эвристический характер многих операций, математическое моделирование имеет ряд положений и приемов, общих для получения моделей различных объектов. Достаточно общий характер имеют:

- методология моделирования,
- математические методы планирования экспериментов,
- алгоритм формализации операций расчета численных значений параметров и определения областей адекватности.

При описании модели требуется:

- оценить принятые допущения;
- изучить свойства объекта;
- отделить основные свойства объекта от второстепенных.

Сначала необходимо выбрать зависимую переменную W , которая впредь будет называться целевой функцией или параметром оптимизации, который является один из показателей качества продукции либо по каждой составляющей (операции) отдельно, либо по всему сразу технологическому процессу. Параметр оптимизации должен соответствовать следующим критериям:

- должен измеряться при любом изменении и комбинации режимов технологического процесса;
- должен быть измеряться с максимальной точностью;
- должен быть информативным, то есть полностью описывать технологический процесс;
- должна быть возможность достижения полезного результата при соответствующих условиях процесса;
- должно минимизироваться или максимизироваться только одно конкретное свойство тела.

За фактор величину представляют контролируемую характеристику тела, характеризующая определенное свойство тела или режим работы системы. Это характеристика выражается числовым значением, измеряющаяся в границах изменений, должна влиять на величину оптимизации.

В заключении хочется отметить, что математическое моделирование в литейном производстве становится неотъемлемой частью технологического процесса изготовления отливок и эффективным инструментом снижения себестоимости и повышения к скорости и точности решения непрерывно растут.

Литература.

1. С. А. Дорохин, Н. С. Янченко. Литейное производство — Томск: Изд-во СКП, 2012.
2. П. Р. Кулешов. Математическое моделирование в металлургии — М: Изд-во МФП, 2014.
3. Дашевский А.В. Основы математического моделирования – М: Изд-во НМП, 2003.

СЕКЦІЯ 3

**Автоматизация
и информатизация, экономика
и менеджмент на підприємстві**

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА РЕЖИМНОГО ПОВЕДЕНИЯ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ

Д.Н. Достовалов, к.т.н., ассистент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)7-77-64,

E-mail: ddostovalov@tpu.ru

Введение

Теория гибридных систем (ГС) является современным и универсальным формализмом моделирования сложных динамических процессов в объектах различной физической природы [1]. Такие системы характеризуются совокупным дискретно-непрерывным поведением. В ходе компьютерного эксперимента выполняется расчет траектории глобального поведения системы. Глобальное поведение формируется множеством последовательно сменяющихся режимов функционирования, заданных в классе непрерывных отображений. Дискретные события ГС приводят к разрывам в решении и смене режимов. В настоящей работе рассматриваются ГС, непрерывное поведение которых задано в форме задачи Коши с ограничениями. Для численного анализа выбранного класса задач предложены и реализованы в инструментальной среде ИСМА [2] специальные алгоритмы интегрирования и локализации событий [1].

1. Класс систем

Рассмотрим ГС, режимное поведение которых определяется на решении дифференциально-алгебраических уравнений с некоторыми ограничениями:

$$\begin{aligned}y' &= f(t, x, y), \quad x = \varphi(t, x, y), \\pr &: g(t, x, y) < 0, \\t &\in [t_0, t_k], \quad x(t_0) = x_0, \quad y(t_0) = y_0.\end{aligned}\tag{1}$$

где $x \in R^{N_x}$, $y \in R^{N_y}$, $f: R \times R^{N_x} \times R^{N_y} \rightarrow R^{N_y}$, $\varphi: R \times R^{N_x} \times R^{N_y} \rightarrow R^{N_x}$, $g: R \times R^{N_x} \times R^{N_y} \rightarrow R$.

Скалярная функция $g(t, x, y)$ называется событийной функцией или предохранителем [1, 3]. Условие существования системы в соответствующем режиме или состоянии определяет предикат pr . Неравенство $g(t, x, y) < 0$ означает, что фазовая траектория в текущем режиме не должна пересекать границу $g(t, x, y) = 0$. События, происходящие при нарушении этого условия и приводящие к переходу в другой режим без пересечения границы, называют односторонними. Именно такие события практически интересны [4]. Кроме того, большинство задач из класса (1) характеризуются жесткими режимами [5] и высокой размерностью [6], а граница режима $g(t, x, y) = 0$ может иметь острые углы с многократным пересечением фазовой траектории. В этом случае для корректного построения траектории совокупного поведения системы необходимо применять специальные методы численного анализа [5, 7].

2. Исследование устойчивости явных схем

Для решения задач (1) будем использовать явные одношаговые схемы [4], которые имеют вид

$$\begin{aligned}y_{n+1} &= y_n + \sum_{i=1}^m p_i k_i, \\k_i &= hf(t_n + \alpha_i h, y_n + \sum_{j=1}^{i-1} \beta_{ij} k_j),\end{aligned}\tag{2}$$

где α_i , β_{ij} , p_i , $1 \leq i \leq m$, $1 \leq j \leq i-1$ – числовые коэффициенты, $\alpha_1 = 0$, k_i – стадии метода, m – число стадий. Численные формулы (2) хорошо приспособлены для практических расчетов, поскольку они не требуют вычисления дополнительных начальных значений и позволяют легко изменять шаг интегрирования. Но классические явные схемы обладают малыми областями устойчивости [5, 7], что ограничивает их использование для решения жестких задач.

Если исходная задача обладает малой чувствительностью к малым возмущениям, то и от метода ее решения требуют того же свойства. Такие методы называют устойчивыми. В дальнейшем будем рассматривать абсолютную устойчивость метода, характеризующуюся полиномом [5]

$$Q(z) = 1 + c_1 z + \dots + c_m z^m,\tag{3}$$

где z – некоторое комплексное число, c_i $1 \leq i \leq m$, – вещественные коэффициенты, m – число стадий численной схемы (2). Совокупность точек комплексной плоскости Z , в которых выполняется условие $|Q(z)| \leq 1$, образует область устойчивости численной схемы [5]. Введение в алгоритм интегрирования контроля устойчивости вычислений позволяет расширить границы применимости явных методов.

В дальнейшем будем использовать понятие интервала устойчивости, который определяется точкой пересечения границы области устойчивости и отрицательного направления вещественной оси плоскости Z . Известно [5], что длина интервала устойчивости D пропорциональна квадрату числа стадий и обратно пропорциональна порядку точности метода. Так, для m -стадийного метода величина D максимальна в случае первого порядка точности и равна $2m^2$.

Вопросы построения полинома устойчивости (3) и соответствующей численной схемы (2) подробно рассмотрены в работе [5]. Показано, что возможно автоматизированное построение методов с заданной областью устойчивости. В частности, расширение областей устойчивости известных численных схем. Для решения этих задач система ИСМА дополнена необходимым инструментарием [8].

3. Алгоритм с адаптивной областью устойчивости

В [5] сформулирован алгоритм переменного порядка и стадий DISPS, основанный на явных схемах Рунге-Кутты (2). Переключение между численными схемами и выбор шага интегрирования осуществляется по критериям точности и устойчивости вычислений. Так, в области с быстро меняющимся решением используются методы высоких порядков, чтобы обеспечить необходимую точность вычислений. На интервалах расчета, где критическим фактором является устойчивость вычислений, используются многостадийные методы низких порядков точности.

Неравенства для контроля точности и устойчивости методов первого, второго и третьего порядков сформулированы и обоснованы в [5], поэтому здесь приведем только некоторые из них без доказательства. Для контроля точности использованы условия $A'_n \leq \varepsilon$, $A''_n \leq \varepsilon$, где ε – заданная точность вычислений. Оценка ошибки A'_n для методов первого и второго порядков вычисляется по формуле $A'_n = g'_p \|k_2 - k_1\|$, где k_1 и k_2 – стадии численной схемы, p – порядок точности метода. Величина g'_1 для схемы первого порядка вычисляется по формуле $g'_1 = g''_1 / |\beta_{21}|$, где $g''_1 = \max_{m \in M_1} ((1 - 2c_{m2})/2)$, M_1 – множество используемых методов первого порядка, c_{m2} – коэффициент полинома устойчивости при z^2 m -стадийного метода.

Для контроля устойчивости используется неравенство $V_n \leq D$ [5], где V_n – оценка максимального собственного числа матрицы Якоби, а D – длина интервала устойчивости используемого на текущем шаге метода. Величина v_n вычисляется степенным методом. Для методов первого и второго порядка V_n вычисляется по формуле

$$V_n = \frac{1}{|\beta_{32}|} \max_{1 \leq i \leq N} \left| \frac{(k_3 - k_2)_i}{(k_2 - k_1)_i} \right|, \quad (4)$$

где N – размерность решаемой системы.

В оригинальный алгоритм DISPS [5] внесен ряд изменений. Так, допускается, что число стадий в двух соседних методах одного порядка может отличаться на любую величину. Также возможно изменение порядка точности больше чем на 1. Максимальный порядок точности не ограничен третьим. При наличии методов оценки точности и устойчивости для схем более высоких порядков их также можно включить в алгоритм. Поэтому модифицированный алгоритм получил название DISPS1.

Перейдем к алгоритму интегрирования. Предварительно зададим два числа l_1 и l_2 , определяющие количество шагов без увеличения шага интегрирования и без смены численной схемы, соответственно, после возврата (перевычисления решения из-за невыполнения точности) и после успешного шага. Подсчитывать количество шагов будем в переменных l'_1 и l'_2 соответственно, равных нулю при первом обращении к алгоритму.

Алгоритм DISPS1:

Шаг 1. Вычислить стадии k_i , необходимые для расчета A'_n .

Шаг 2. Вычислить оценку ошибки A'_n .

Шаг 3. Вычислить значение s_n из соотношения $q^{2s_n} A'_n = \varepsilon$.

Шаг 4. Если $s_n < 0$, то $l'_1 = l_1$, $h_n = q^{s_n} h_n$ и перейти на шаг 1.

Шаг 5. Вычислить остальные стадии k_i .

Шаг 6. Вычислить приближение к решению в точке t_{n+1} .

Шаг 7. Вычислить стадию $k_1 = hf(y_{n+1})$.

Шаг 8. Вычислить оценку ошибки A''_n .

Шаг 9. Вычислить значение v_n из соотношения $q^{2v_n} A''_n = \varepsilon$.

Шаг 10. Если $v_n < 0$, то $l'_1 = l_1$, $h_n = q^{v_n} h_n$ и перейти на шаг 1.

Шаг 11. Счетчики l'_1 и l'_2 уменьшить на 1.

Шаг 12. Если $l'_1 \geq 0$ и $l'_2 \geq 0$, то $h_{n+1} = h_n$ и перейти к следующему шагу интегрирования (возврат на шаг 1).

Шаг 13. $l'_2 = l_2$.

Шаг 14. Удвоить значения A'_n и A''_n и заново вычислить параметры s_n и v_n для создания запаса по точности.

Шаг 15. Если используется фиксированная схема без контроля устойчивости, то вычислить значение параметра r_n по формуле $r_n = \max(s_n, v_n)$ и перейти на шаг 21.

Шаг 16. Вычислить оценку V_n по формуле (4).

Шаг 17. Вычислить значение параметра r_n из соотношения $q^{r_n} V_n = D$, где D – интервал устойчивости используемого метода.

Шаг 18. Если используется фиксированная схема, перейти на шаг 21.

Шаг 19. Вычислить значение параметра $q_n = q^{\min(s_n, v_n)}$.

Шаг 20. Определить число стадий для следующего шага интегрирования. Если $q_n V_n > D$ и есть схема того же порядка с большим числом стадий – использовать эту схему на следующем шаге. Если есть схема того же порядка с меньшим числом стадий и интервалом устойчивости, большим чем $q_n V_n$, то использовать ее. В остальных случаях число стадий не меняется.

Шаг 21. Вычислить новый шаг интегрирования: $h_{n+1} = \max\left(h_n, q^{\min(s_n, v_n, r_n)} h_n\right)$.

Шаг 22. Если расчеты ведутся с переменным порядком, текущий метод имеет минимальное число стадий, а среди методов большего порядка имеется метод с интервалом устойчивости, большим чем $q_n V_n$, то использовать этот метод. Если расчеты ведутся с переменным порядком, число стадий достигло максимального значения и $q_n V_n > D$, то найти среди методов меньшего порядка схему с минимальным числом стадий, при котором интервал устойчивости больше D и использовать ее на следующем шаге интегрирования. В противном случае следующий шаг выполняется по текущей схеме.

4. Тестирование

Рассмотрим модель конкуренции Лотки-Вольтерра на основе системы реакции-диффузии в двухмерном пространстве [9]. Здесь имеются два вида переменных, $c^1(x, z, t)$ и $c^2(x, z, t)$, представляющих плотности конкурирующих видов в пространстве среды обитания ($\Omega = \{(x, z): 0 \leq x \leq 1, 0 \leq z \leq 1.8\}$) и во времени ($0 \leq t \leq 10$).

Уравнения имеют вид

$$\frac{\partial c^i}{\partial t} = d_i \left(\frac{\partial^2 c^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c^i}{\partial z^2} \right) + f^i(c^1, c^2), i = 1, 2, \quad (5)$$

где $d_1 = 0.05$, $d_2 = 1.0$, $f^1(c^1, c^2) = c^1(b_1 - a_{11}c^1 - a_{12}c^2)$, $f^2(c^1, c^2) = c^2(b_2 - a_{21}c^1 - a_{22}c^2)$, $a_{11} = 10^6$, $a_{12} = 1$, $a_{21} = 10^6 - 1$, $a_{22} = 10^6$, $b_1 = b_2 = 10^6 - 1 + 10^{-6}$.

Граничные условия $\partial c^i / \partial x = 0$ при $x = 0$, $x = 1$, $\partial c^i / \partial z = 0$ при $z = 0$, $z = 1.8$. Начальные условия: $c^1(x, z, 0) = 500 + 250 \cos(\pi x) \cos(10\pi z / 1.8)$, $c^2(x, z, 0) = 200 + 150 \cos(10\pi x) \cos(\pi z / 1.8)$. Решение этой реакционно-диффузионной системы сходится при $t \rightarrow \infty$ к равновесному решению $c^1 = c_*^1 \equiv 1 - 10^{-6}$, $c^2 = c_*^2 \equiv 10^{-6}$.

Текстовая модель на языке LISMA_PDE [10, 11] представлена на рисунке 1.

```

1 // Параметры
2 const d1 = 0.05, d2 = 1.0,
3     a11 = 1.0e6, a12 = 1.0,
4     a21 = 1.0e6 - 1.0, a22 = 1.0e6,
5     b1 = b2 = 1.0e6 - 1.0 + 1.0e-6;
6
7 // Пространственные переменные
8 var x[0, 1.0] arx 5;
9 var z[0, 1.8] arz 5;
10
11 // Система уравнений
12 c1' = d1 * (D(c1, x, 2) + D(c1, z, 2)) + f1;
13 c2' = d2 * (D(c2, x, 2) + D(c2, z, 2)) + f2;
14
15 f1 = c1 * (b1 - a11*c1 - a12*c2);
16 f2 = c2 * (b2 - a21*c1 - a22*c2);
17
18 // Краевые условия
19 edge D(c1, x) = 0 on x both;
20 edge D(c2, x) = 0 on x both;
21 edge D(c1, z) = 0 on z both;
22 edge D(c2, z) = 0 on z both;
23
24 // Начальные условия
25 c1(t0) = 500.0 + 250.0*cos(pi*x)*cos(10.0*pi*z/1.8);
26 c2(t0) = 200.0 + 150.0*cos(10.0*pi*x)*cos(pi*z/1.8);

```

Рис. 1. Текстовая модель в ИСМА

Система (5) приводилась к конечно-разностной форме. Области значений пространственных переменных x и z разбивались в сетку с шагом M и N соответственно. В результате аппроксимации формировалась задача размерностью $2 * M * N$. Таким образом, система рассчитывалась в размерности от 50 до 1800 уравнений. Результаты расчета в ИСМА представлены на рисунке 2.

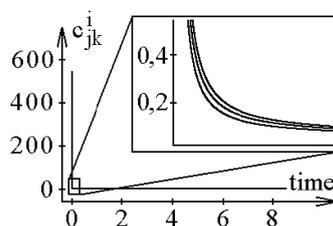


Рис. 2. Результаты решения задачи (5) в ИСМА

Выполнено сравнение эффективности алгоритма DISPS1 с явными методами STEKS и RK2ST, а также с полуявным (m,k)-методом МК22. Алгоритм STEKS [5] построен на основе схемы Мерсона с контролем точности и устойчивости. Метод RK2ST [12] основан на двухстадийной схеме (2) и также имеет контроль точности и устойчивости вычислений. Метод МК22 [13] является L-устойчивым, для повышения эффективности расчета применяется «замораживание» матрицы Якоби. Оценка эффективности алгоритмов выполнялась по трем критериям: количество выполненных шагов, количество расчетов правой части и время, затраченное на вычисления. Полученные результаты представлены в таблице 1.

В приемлемое время решение удалось получить только явными и полуявными (m,k)-схемами [1]. Особенность решения системы (5) состоит в том, что в начале интервала интегрирования оно меняется быстро, а после – очень медленно. Из явных схем переменного порядка с контролем устойчивости наилучшие результаты показал алгоритм DISPS1, который использует метод третьего порядка в начале интегрирования и шестистадийный метод первого порядка на участке с медленно меняющимся решением. Полуявные (m,k)-методы МК22 и МК21 при небольшой размерности задачи (до 1000 уравнений) более эффективны, чем явные схемы. Это обусловлено их L-устойчивостью и замораживанием матрицы Якоби. Однако с ростом размерности задачи они проигрывают в скорости счета явным алгоритмам.

Заключение

В работе сформулирован и реализован алгоритм интегрирования с контролем устойчивости, использующий заданные численные схемы на разных участках решения. Выбор численной схемы осуществляется автоматически по критериям точности и устойчивости. Результаты тестирования подтвердили высокую эффективность адаптивного алгоритма. Особенностью реализации DISPS1 является то, что пользователь может самостоятельно включать в него численные схемы, заранее настроенные на определенный класс задач. Все это позволяет оценить DISPS1 как универсальный, высокоэффективный и надежный алгоритм. Дальнейшим усовершенствованием разработанного алгоритма может быть включение в него неявных и полуявных методов, что позволит решать задачи повышенной жесткости.

Таблица 1

Показатели эффективности алгоритмов при решении задачи (5)

Размерность	Характеристика	DISPS1	STEKS	МК22	RK2ST
5*5 (N=50)	Кол-во шагов	153211	2692086	4506	5015718
	Расчетов пр. части	1067834	13460494	25243	10035587
	Время решения, с	8,25	97,14	0,47	130,3
10*10 (N=200)	Кол-во шагов	151913	2743535	4508	5014709
	Расчетов пр. части	1058623	13717747	74501	10033627
	Время решения, с	18,45	188,8	2,92	228,8
15*15 (N=450)	Кол-во шагов	152833	2757017	4506	-
	Расчетов пр. части	1065196	13785149	154895	-
	Время решения, с	35,89	332,6	16,02	-
20*20 (N=800)	Кол-во шагов	153187	-	4506	-
	Расчетов пр. части	1067666	-	268295	-
	Время решения, с	62,94	-	76,66	-
25*25 (N=1250)	Кол-во шагов	153224	-	4506	-
	Расчетов пр. части	1067874	-	414095	-
	Время решения, с	168,6	-	329,9	-
30*30 (N=1800)	Кол-во шагов	128169	-	-	-
	Расчетов пр. части	892534	-	-	-
	Время решения, с	201,4	-	-	-

Литература.

- Новиков Е.А., Шорников Ю.В. Компьютерное моделирование жестких гибридных систем: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 451 с.
- Шорников Ю.В., Дружинин В.С., Макаров Н.А., Омельченко К.В., Томилов И.Н. «Инструментальные средства машинного анализа» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610126. – М.: Роспатент, 2005.
- Esposito J., Kumar V., Pappas G.J. «Accurate event detection for simulating hybrid systems». Hybrid Systems: Computation and Control (HSCC), vol. LNCS 2034. Springer-Verlag, 1998.
- Новиков Е.А., Шорников Ю.В. «Моделирование жестких гибридных систем с односторонними событиями в инструментальной среде ИСМА» // Вычислительные технологии. - 2013. - Том 18, специальный выпуск. - С. 45-51.

5. Новиков Е.А. Явные методы для жестких систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предпр. РАН, 1997. – 195 с.
6. Nasyrova M.S., Shornikov Yu.V., Dostovalov D.N. «Architecture, implementation and performance optimization in organizing parallel computations for simulation environment» // Lecture Notes in Computer Science. - 2015. - Vol. 9251: (Parallel Computing Technologies: 13 intern. conf., PaCT 2015, Petrozavodsk, 31 Aug. – 4 Sept. 2015). - P. 536-545.
7. Хайпер Э., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально–алгебраические задачи. – М.: Мир. – 1999.
8. Шорников Ю.В., Новиков Е.А., Достовалов Д.Н. «Алгоритм численного конструирования областей устойчивости одношаговых методов» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610905. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2009.
9. Brown Peter N., Hindmarsh Alan C. Matrix Free Methods in the Solution of Stiff systems of ODEs, Lawrence Livermore National Laboratory, 1983. – 38 p.
10. Шорников Ю.В., Бессонов А.В. «Компонента спецификации моделей гибридных систем на языке LISMA_PDE» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015617191. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2015.
11. Бессонов А.В. «Компьютерное моделирование пространственно-временных гибридных систем» // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – №3.1(61). – С. 123–129.
12. Новиков Е.А., Шорников Ю.В. «Применение (2,1)-метода для моделирования гибридных систем» // Приложение к «Вестнику КрасГАУ», Ресурсосберегающие технологии механизации сельского хозяйства – 2010 – №6. – С. 147-151.
13. Новиков А.Е., Новиков Е.А., Шорников Ю.В. «Аппроксимация матрицы Якоби в (2,2)-методе решения жестких систем» // Доклады АН ВШ РФ. – 2008. – №1(10). – С. 31-44.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР)
РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ТИПА
ДЛЯ НУЖД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

С.С. Баус, магистрант

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: ssb@tpu.ru

В наш век информационных технологий, когда каждая минута в жесткой конкурентной борьбе играет решающую роль в успешности разработки, необходимо разрабатывать и осваивать новые способы всестороннего ускорения технологической подготовки производства новых изделий. Эта задача в современных условиях решается путем разработки типовых технологических процессов, использования автоматизированных систем проектирования, а также их техническая и программная реализация, стандартной и обратимой оснастки, которая значительно ускорит и облегчит работу конструкторского отдела по разработке нового продукта.

Данная статья посвящена разработке и формированию методологической основы проектирования, а также структуры самих элементов САПР для рентгеновских трубок 2 типов.

В процессе исследования различных органических и неорганических материалов очень важно правильно подобрать метод исследования, а также основные режимы и мощности, позволяющие проведение опытов по изучению материалов. В частности, для нужд, касающихся анализа структуры неорганических материалов необходимо рассчитать и подобрать необходимые значения мощности, силы тока, размера вокселя, интенсивность и напряжение рентгеновской трубки. Подобранные параметры должны обеспечивать достаточную высокую разрешающую способность, позволять качественно исследовать объекты.

Данная САПР будет базироваться на следующих принципах:

- системного единства;
- совместимости;
- типизации;
- развития.

Таким образом, смысл процесса проектирования в любой САПР независимо от объекта проектирования один и тот же: получить в соответствии с замыслом такую информационную модель, которая позволяет создать систему – оригинал, полностью соответствующую замыслу [4].

Достижение наилучшего результата рентгеновского контроля для той или иной задачи зависит от выбора пригодной для выполнения этой задачи системы рентгеновского контроля. Поэтому при составлении и разработке информационного и логистического составляющего САПРа для рентгеновский, необходимо четко представлять критерии выбора рентгеновской трубки. На рисунке 1 изображен принцип работы системы рентгеновского контроля, где одно из главных мест занимает рентгеновская трубка.

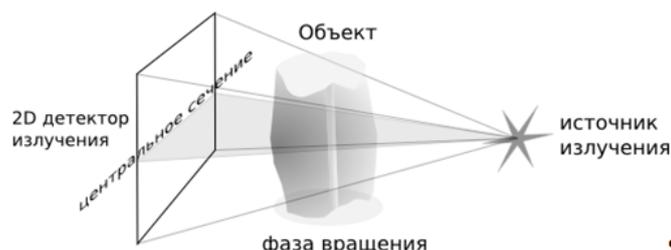


Рис. 1. Принцип работы системы рентгеновского контроля

Рентгеновская трубка — электровакуумный прибор для получения рентгеновских лучей. Простейшая рентгеновская трубка состоит из стеклянного баллона с впаянными металлическими электродами – катодом и анодом. В баллоне создается глубокий вакуум. К электродам приложено напряжение от 1 до 150 кВ (в зависимости от требуемых характеристик рентгеновского излучения). Электроны, испускаемые катодом, ускоряются сильным электрическим полем в пространстве между электродами и бомбардируют анод. При ударе электронов об анод их кинетическая энергия частично преобразуется в энергию рентгеновского излучения и большей частью в тепловую энергию.

Неважно, о какой именно системе идет речь, неважно, какого именно производителя, но сердцем всех систем является рентгеновская трубка. Рентгеновская трубка — это устройство, излучающее рентгеновские лучи. В сущности, рентгеновская трубка — это цилиндр, в котором создан вакуум и в котором возникают электроны, ускоряемые напряжением, они и бомбардируют металлическую мишень. В результате бомбардирования электронами мишени и создаются рентгеновские лучи. Вакуум необходим в трубке для того, чтобы электроны могли достичь мишени и не рассеяться.

Традиционно в системах рентгеновского контроля использовались так называемые трубки закрытого типа, где вакуум создавался на заводе - изготовителе, после чего трубка запечатывалась, и ее нельзя было открывать. В последние годы для контроля печатных плат и полупроводниковых изделий стали более популярны рентгеновские трубки открытого типа, или обслуживаемые трубки (рис. 2). Потому что они позволяют получить изображение большего разрешения с большим увеличением, а также потому, что их можно самостоятельно обслуживать (то есть в них есть доступ к изнашиваемым элементам: нити и мишени). Вакуум же в трубках открытого типа создается с помощью вакуумного насоса, поставляемого вместе с системой рентгеновского контроля.

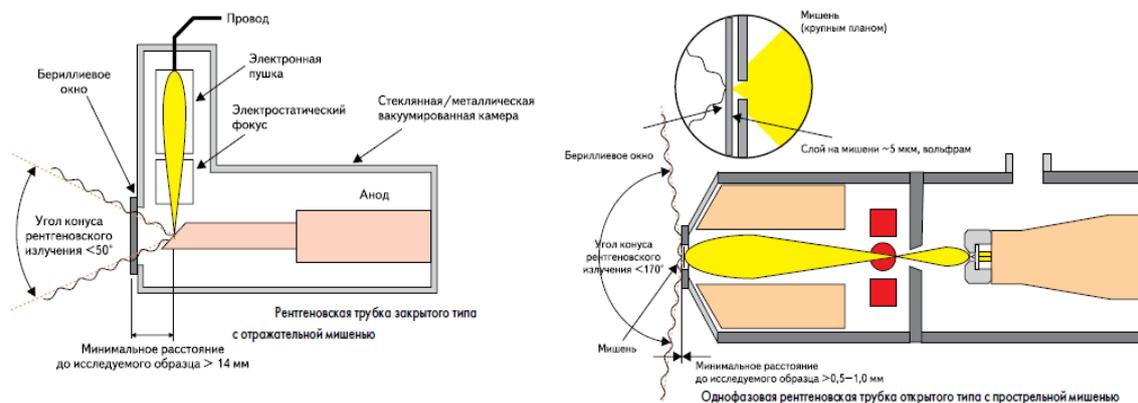


Рис. 2. Структура рентгеновской трубки закрытого и открытого типа

Ключевые характеристики рентгеновских трубок, определяющие их возможности:

- Нить или другое приспособление, которое производит электроны в трубке (иногда называется пушкой или прожектором). Обычно это термоэлектронная эмиссия от раскаленной нити. Чем больше электронов производит нить (а это зависит от проходящего через нее тока), тем ярче изображение.
- Фокусирующие элементы — это электромагнитные или другие элементы внутри трубки, которые «втискивают» ускорившиеся электроны в настолько маленькую точку на мишени, насколько это возможно. Эта точка на мишени называется фокальным пятном. Чем меньше фокальное пятно, тем лучше разрешение конечного изображения.
- Тип мишени — прострельная или отражательная. Если используется прострельная мишень, то, чтобы выйти из трубки и пробомбардировать исследуемый образец, рентгеновские лучи должны пройти сквозь эту мишень. Если используется отражательная мишень, то перед выходом из трубки рентгеновские лучи отражаются от поверхности мишени (рис. 2). Тип используемой в трубке мишени напрямую влияет на возможность увеличения изображения в системе рентгеновского контроля. Обратите внимание на то, что минимальное расстояние между исследуемым образцом и фокальным пятном существенно различается в трубках с различными типами мишеней: 0,5 мм и меньше в случае использования прострельной мишени, которая чаще всего стоит в трубках открытого типа, и примерно 15 мм — при использовании отражательной мишени, которая чаще всего стоит в трубках закрытого типа.
- Материал мишени и толщина этого материала. Это особенно важно для прострельной мишени, так как для коммерческого использования (то есть для повышения срока службы) нужна хорошая плотность потока рентгеновского излучения и в то же время несильное его поглощение при прохождении через мишень. Кроме того, если прострельные мишени становятся толще, то, во-первых, у электронов больше шансов увеличить фокальное пятно, а во-вторых, в результате возбуждения рентгеновские лучи создаются в толще мишени. Чаще всего для мишени используется вольфрам.
- Ускоряющее напряжение электронов. Указывается в киловольтах (кВ). Чем выше значение в кВ, тем сильнее проникающая способность рентгеновских лучей. Это значит, что для получения изображения плотного или толстого объекта из менее плотного материала понадобится большее напряжение. При низком значении кВ можно работать с образцами из не очень плотного материала или с тонкими образцами. В противном случае проникающая способность рентгеновских лучей будет недостаточной для прохождения сквозь образец и удара о приемное устройство, то есть для формирования изображения.
- Мощность трубки. Измеряется в ваттах. Чем выше мощность, тем больше плотность потока рентгеновских лучей, а значит, ярче получаемое изображение.
- Вакуумное окно. Во всех рентгеновских трубках должен быть такой выход из вакуумированной трубки, который не разрушает вакуум. Самый часто применяемый способ — использовать диск из металлического бериллия для герметизации трубки и выхода рентгеновских лучей. Бериллий пропускает рентгеновские лучи с проникающей способностью, пригодной для рентгеновского контроля. Часто это называют «бериллиевым окном». Вместо бериллия можно использовать легкие металлы, например, алюминий, но часть рентгеновских лучей будет улавливаться этим материалом, а значит, изменять энергетический спектр производимого пучка.

Если сравнить рентгеновские трубки различных производителей, то станет понятно, что описанные выше характеристики будут отличаться, что скажется на качестве получаемого рентгеновского изображения. Именно поэтому следует обращать внимание на эти отличия, чтобы выбрать лучшую трубку и систему именно для той задачи, которая стоит перед вами. Но, выбирая трубку, следует учесть соотношение характеристик трубки и всей системы рентгеновского контроля, чтобы данная система удовлетворяла требования по надежности, а также была полностью пригодна для выполнения необходимых исследовательских задач. Существуют различные способы достичь максимального разрешения рентгеновского изображения, но, правда, ценой работы только с узким кругом материалов и размерных характеристик, а также в особых технических условиях. Такие решения могут быть приемлемы для некоторых лабораторий, но совершенно неприемлемы, например, для работы с большей частью печатных плат, используемых в современной электронике.

Одним из основных характеристик рентгеновской трубки является «фокальное пятно». Хочется отметить, что чем меньше формируемое на мишени электронами фокальное пятно, тем лучше разрешение рентгеновской трубки. В идеальной ситуации рентгеновская трубка формирует бесконечно

маленькое фокальное пятно. В этом случае получаются очень четкие изображения. В реальности фокальное пятно рентгеновской трубки не может быть бесконечно малым. Чем больше пятно, тем больше размыты контуры и больше ограничено разрешение получаемого изображения [1]. Как показано на рис. 2, это особенно видно по контуру исследуемого объекта, получается не очень четким.

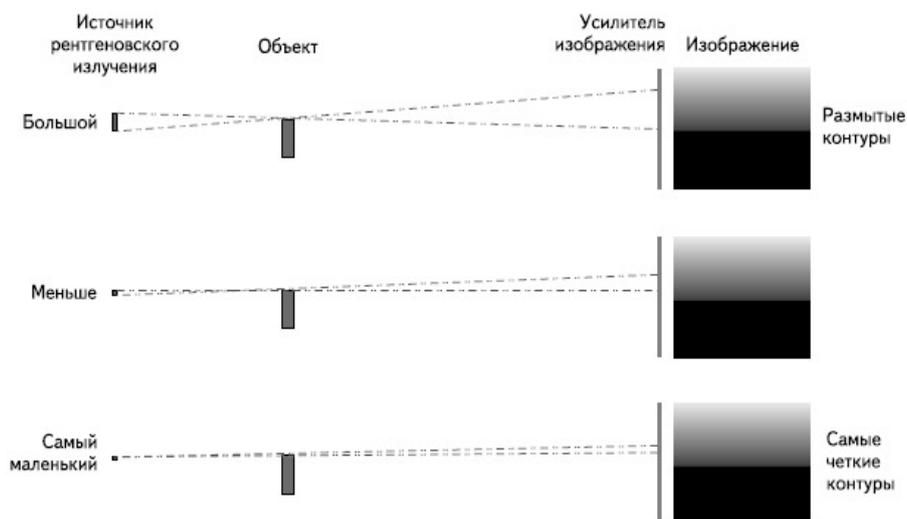


Рис. 3. Влияние размера фокального пятна на качество изображения

В рентгеновских трубках (рис. 3) с уменьшением размера фокального пятна существенно увеличивается плотность энергии на мишени. Например, если мощность трубки составляет 1 Вт на точку размером 1 микрон, то для получения такой же плотности энергии для фокального пятна в 20 микрон нужно 400 Вт [5]. Для работы же с печатными платами необходимы маленькие размеры фокального пятна: из-за размеров объектов, с которыми приходится работать. Поэтому здесь правильнее будет выбирать трубку, учитывая и размеры объектов, которые будут исследоваться. Например, если размер формируемого трубкой фокального пятна составляет 20 микрон, а размер объекта, который нужно исследовать, — 25, то такая трубка абсолютно непригодна для этой цели. Размер же исследуемых элементов все время уменьшается, поэтому для проведения рентгеновского контроля необходимы все меньшие размеры фокального пятна[2].

Производители изо всех сил стараются уменьшить размеры фокального пятна, используя описанные выше приемы, чтобы угнаться за все уменьшающимися размерами компонентов, но за это приходится платить.

Например, с уменьшением размеров фокального пятна существенно уменьшается поток рентгеновского излучения, в результате чего получается тусклое изображение и приходится прибегать к более продолжительному «облучению», чтобы получить изображение приемлемого качества. Поэтому если на то, чтобы получить изображение самого высокого разрешения, уходит много времени, то это может быть непрактично, за исключением случаев использования системы в сугубо научных целях, где требуется особое внимание к процессу получения данных каждого измерения. Кроме того, если получение изображения длится в течение нескольких минут и больше, то вибрация системы рентгеновского контроля может отрицательно сказаться на разрешении трубки, если не использовать какие-то дополнительные приспособления/условия для работы. Поэтому использование самого высокого разрешения может быть нецелесообразным на производственном участке, а пригодным только для проведения испытаний. Если использовать самое низкое ускоряющее напряжение (кВ), то, чтобы добиться наилучшего разрешения, придется ограничивать типы исследуемых образцов. Обычно наилучшее разрешение изображения получается при использовании в трубке напряжения менее 50 кВ. Если исследуемый образец не очень плотный и/или тонкий, то такое ускоряющее напряжение в этих условиях будет приемлемым. Но обычно при работе с печатными платами такие условия не выполнимы, потому что сами платы отличаются достаточной плотностью для поглощения большей части (если не всех) лучей.

Стандартный корпус компонента также может поглощать рентгеновские лучи, что приводит к невозможности проведения качественного анализа при таком разрешении, не прибегая к необходимости как-то изменять исследуемый образец. Таким изменением может быть: демонтаж компонента с печатной платы, снятие корпуса, изменение толщины образца и т. д. Учитывая все это, исследователь понимает, что использование рентгеновских трубок с очень высоким разрешением ограничивается только лабораториями анализа причин отказов, где можно уделять больше внимания каждому отдельному исследуемому образцу. Но в реальных производственных условиях для контроля качества изделий и технологического процесса из-за ограничений по времени столь тщательный анализ образца не производится. Поэтому перед приобретением системы рентгеновского контроля будет правильным решить, какие нужны технические характеристики трубки для планируемого применения системы.

Некоторые производители прибегают к дальнейшему снижению толщины мишени для уменьшения фокального пятна и улучшению геометрического увеличения. Но в этом случае тонкая мишень будет быстрее разрушаться направленным пучком электронов, а значит, ее нужно будет чаще менять. Это может быть приемлемо для лаборатории, где можно соблюдать особые условия работы, но совершенно непригодно для производства.

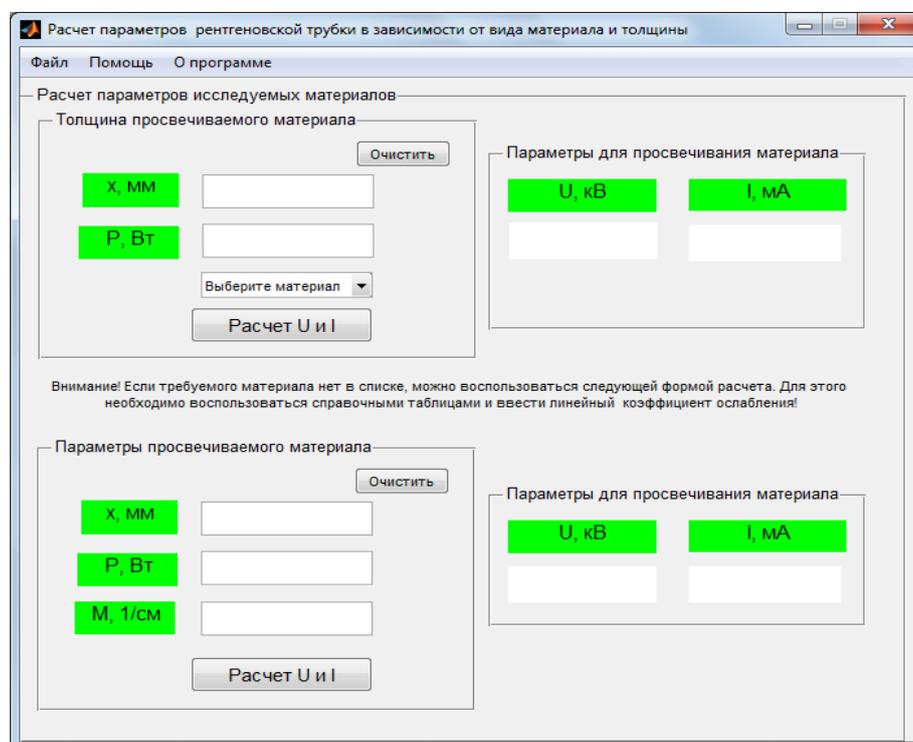


Рис. 4. Окно программы САПР рентгеновской трубки

На рисунке 4 изображено одно из 28 диалоговых окон программы САПР рентгеновской трубки, в которой задаются параметры трубки и вычисляются сила тока на аноде и напряжение в зависимости от технического задания и толщин просвечиваемых материалов.

Программное обеспечение для проектирования различных модификаций рентгеновских трубок обеспечивает:

- Выбор типа рентгеновской трубки в зависимости от требований на ТЗ.
- Расчет параметров рентгеновской трубки. Возможность выбирать материал исследуемого образца (железо, титан, алюминий, магний, кальций, кремний, кобальт и вода, а также альтернативная форма расчета, если необходимого материала нет в списке), на основании которых будут представлены рассчитанные параметры (напряжения, тока на аноде и мощности) рентгеновской трубки, необходимые для данного вида исследования.
- Формирование математической модели рентгеновской трубки;
- Составление конструкторской и технической документации;
- Сохранение рассчитанных данных в блокнот (.txt);

- Справочная и теоретическая информация о разработке рентгеновских трубок, параметров и режимов работы.

Таким образом, в данной статье были представлены основные понятия САПРа для рентгеновских трубок. Представлено программное обеспечение для проектирования рентгеновских трубок, описаны возможности данного продукта.

Литература.

1. Бубенчиков М.А., Газиева Е.Э., Гафуров А.О., Глушков Г.С., Сырямкин В.И., Шидловский С.В. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010.366 с.
2. Шмаков М.А. Выбор системы рентгеновского контроля [Текст] / М. А. Шмаков // Технологии в электронной промышленности. – 2006.
3. Назипов Р. А., Храмов А. С., Зарипова Л. Д. Основы радиационного неразрушающего контроля: учеб.-метод. пособие для студентов физического факультета. Казань : Изд-во КГУ, 2008. – 66 с.
4. Соснин Ф. Р. Радиационный контроль: справочник. М : Машиностроение, 2008.
5. Корчагин С. А. Источники рентгеновского излучения. М : Неразрушающий контроль, 2007. – 236 с.
6. Громаков П. С., Горохов А. Ф. Автоматизация технологических процессов. Казань : Изд-во КФУ, 2015. - 211 с.
7. Paolo Alto. Radiation Safety Manual [Text] / Paolo Alto // Environmental Health and Safety, Stanford University. – January 2015.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАКЛЮЧЕНИЯ О ПОЛОЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСИ СЕРДЦА

С.С. Зеленин, студент, И.А. Должин

*Тюменский государственный нефтегазовый университет
625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70, тел. (3452)-28-30-19
E-mail: mila27@tsoгу.ru*

В настоящее время развитие медицины базируется на применении человеко-машинных (автоматизированных) методов обработки информации для совершенствования процесса принятия решений врачом в диагностике заболеваний. Математическое и алгоритмическое обеспечение управления, принятия решений, методы получения, анализа и обработки экспертной информации уже известны в различных областях [1-4]. Актуальность приобретает повышение эффективности функционирования биотехнических систем для планирования научных работ, сбора и анализа данных с использованием современных методов компьютерной обработки информации, отдав наиболее трудоёмкий и ответственный процесс при диагностике и прогнозе параметров жизнедеятельности человека соответствующим аппаратно-программным средствам, моделирующим деятельность экспертов-медиков.

Исследование и изучение возможностей искусственных нейронных сетей (ИНС) является одним из перспективных направлений медицинской информатики. Целью данной работы является моделирование заключения о положении электрической оси сердца с использованием искусственной нейронной сети. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сформировать обучающую выборку;
2. Выбрать модель ИНС;
3. Провести тестирование рабочего примера выбранной модели.

По доступным источникам решение задачи вывода заключения о положении электрической оси сердца с помощью моделирования искусственной нейронной сети неизвестно. Практическое приложение инструментальной среды MATLAB в настоящее время активно развивается и является основной технологией для моделирования задач биомедицины.

Для формирования обучающей выборки исходные данные [5] занесли в таблицу MS Excel (рисунок 1). Обучающая выборка представляет собой значения амплитуды зубцов Q, R, S в I, II и III стандартных отведениях, рассчитанных по формуле (1):

$$U = h \times S \quad (1)$$

где U – амплитуда (мВ),

h – высота зубца (мм),

S – высота калибровочного сигнала (мм).

В исходных данных также необходимо посчитать алгебраическую сумму зубцов Q, R, S для каждого стандартного отведения и рассчитать угол α (2), который соединяет электрическую ось сердца с осью первого отведения:

$$tg\alpha = \frac{I \sum_{II} + \sum_{III}}{\sqrt{3} \sum_{II} - \sum_{III}}, \quad (2)$$

где \sum_{II} – алгебраическая сумма зубцов Q, R, S во втором отведении,
 \sum_{III} – алгебраическая сумма зубцов Q, R, S в третьем отведении.

В связи с тем, что в исходных данных известны 6 классов (таблица 1), т.е. значений углов положения электрической оси сердца (рисунки 2, 3) для моделирования вывода заключения была выбрана многослойная нейронная сеть. Такая модель ИНС обеспечит эффективное решение задачи классификации образов.

№	IQ	IR	IS	IIQ	IIR	IIS	IIIQ	IIIR	IIIS	Угол	Вывод
1	0,00	0,50	0,10	0,00	0,40	-0,10	0,00	0,10	-0,20	16,103	3
2	0,00	0,40	0,00	0,00	0,25	-0,40	0,00	-0,40	0,00	-51,788	1
3	0,00	0,60	0,00	0,00	0,60	0,00	0,10	-0,10	0,10	38,949	3
4	-0,10	0,50	-0,10	-0,30	1,70	-0,10	-0,20	1,30	-0,10	77,272	5
5	-0,10	0,40	-0,10	0,00	0,50	-0,10	0,00	0,10	-0,10	30,001	3
6	-0,10	0,50	0,00	-0,50	0,60	-0,50	-0,10	0,40	-0,20	19,107	3
7	-0,10	0,20	-0,10	0,10	0,50	0,00	0,00	0,10	-0,10	30,001	3
8	-0,10	0,90	-0,20	-0,10	0,50	-0,30	0,10	-0,30	0,00	-10,894	2
9	-0,10	1,10	-0,10	0,00	0,90	0,10	0,00	-0,20	0,00	21,052	3
10	-0,10	0,60	-0,20	-0,10	0,60	-0,20	-0,10	0,10	0,20	70,895	5
11	0,00	0,30	-0,10	0,00	1,50	0,00	-0,10	1,20	0,00	75,081	5
12	-0,20	0,60	-0,20	-0,10	0,60	0,00	-0,10	0,30	0,00	53,415	4
13	-0,10	0,80	-0,10	-0,20	0,40	-0,20	-0,10	-0,40	0,00	-30,001	1
14	0,00	0,70	-0,30	-0,10	0,90	0,00	-0,20	0,60	0,00	60,002	4
15	0,00	0,60	0,00	-0,10	0,90	-0,10	-0,10	0,30	-0,10	37,590	3
16	0,00	0,20	-0,10	0,00	1,40	0,00	0,00	1,20	0,00	82,413	5
17	-2,00	-0,28	1,60	-1,36	-1,48	-0,12	1,92	1,92	-1,44	3,452	3
18	-0,80	-0,24	1,52	-0,52	1,80	-0,20	0,84	-1,60	-1,64	-12,353	2
19	0,84	0,40	-0,56	0,24	0,72	-1,08	0,32	1,64	1,80	-28,442	2
20	-0,92	0,52	-0,80	0,96	-1,16	0,08	1,24	1,44	-0,84	-26,870	2
21	-1,72	1,08	-1,12	0,12	0,68	-0,12	1,32	-1,04	-1,76	-12,070	2
22	-1,72	-1,40	-1,08	0,36	0,60	0,12	1,76	0,24	-0,08	-64,130	1
23	-0,52	0,60	-1,92	1,76	-0,32	-1,04	0,12	1,40	1,68	-36,588	1
24	0,00	0,04	-0,40	1,24	-0,36	1,88	-0,44	-1,60	0,04	5,267	3
25	-2,00	1,28	-1,60	-0,76	0,36	-1,76	1,28	1,72	0,08	-5,788	2
26	-1,12	0,92	-0,76	0,68	0,24	-1,00	-1,32	-0,64	1,04	-34,503	1

Рис. 1. Рабочая область книги MS Excel с исходными данными

В качестве инструментальной среды реализации алгоритма выбран программный продукт MATLAB, который обладает рядом преимуществ [6] и нашёл широкое применение в интеллектуальных и экспертных системах [7-9].

Таблица 1

Положение электрической оси сердца по значению угла α		
Значение угла	№	Положение электрической оси сердца
меньше (-30°)	1	Блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса
(-30°) - 0°	2	Резкая левограмма
0° - 50°	3	Левограмма
50° - 70°	4	Нормограмма (нормальное положение оси)
70° - 90°	5	Правограмма
90° - 97°	6	Блокада задней ветви левой ножки пучка Гиса



Рис. 2. Варианты положения электрической оси сердца

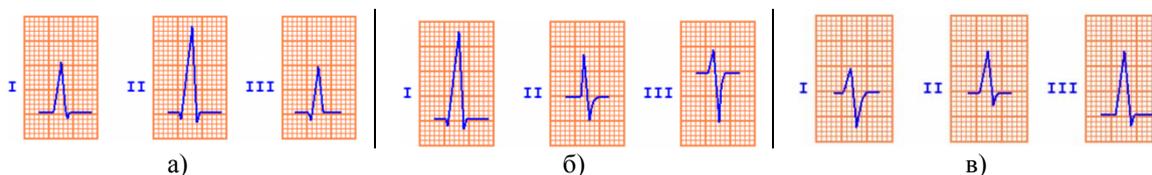


Рис. 3. а) Нормограмма, б) Легограмма, в) Правограмма

Тестирование рабочего примера выбранной модели ИНС проводилось с помощью встроенной функции *trainbpx*, которая реализует метод обратного распространения ошибки с возмущением и адаптацией параметра скорости настройки. Когда количество ошибок достигает разрешённого числа, работа по обучению ИНС прекращается. Количество циклов обучения назначим – 1000 эпох (рисунок 4):

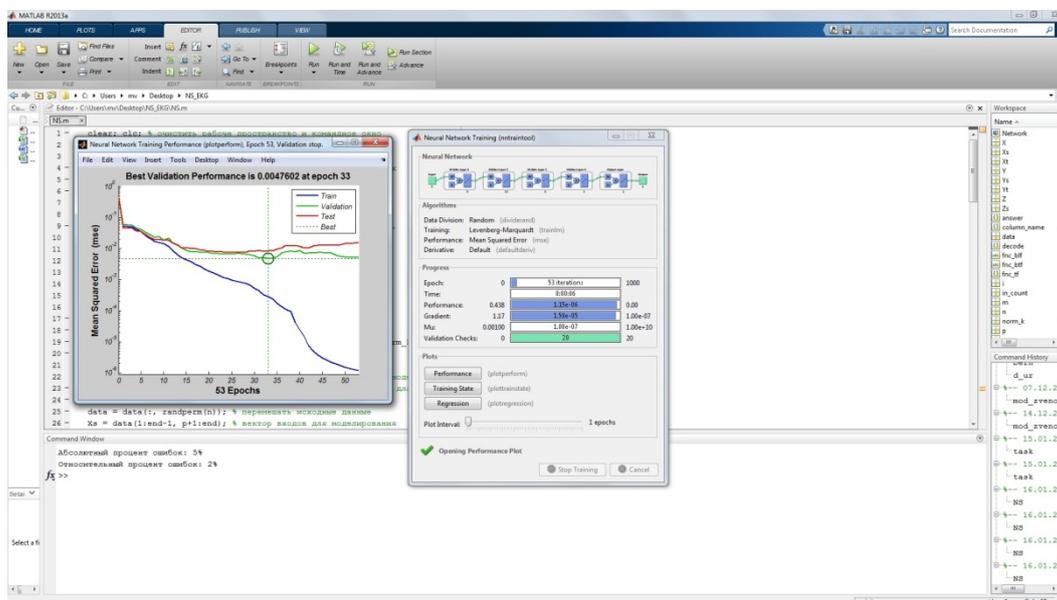


Рис. 4. Окно результатов обучения сети

Когда количество ошибок достигает разрешённого числа, работа по обучению ИНС прекращается. В данном случае было обработано 53 эпохи, наилучшее значение получено на 33-ей (что показано на графике MATLAB, рисунок 4). Как только обучение завершилось, программа открывает диалоговое окно для ввода исходных данных с электрокардиограммы (ЭКГ) экспертом-медиком. После ввода значений ЭКГ пациента, нейронная сеть выводит результат согласно таблице 1 (рисунок 5).

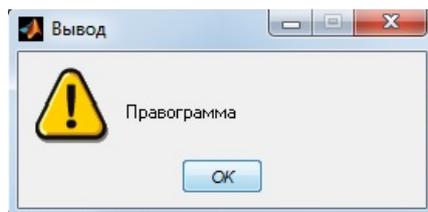


Рис. 5. Заключение о положении электрической оси сердца

Проведённое обучение искусственной нейронной сети методом обратного распространения ошибки на базе 2000 вариантов значений зубцов Q, R и S показало достоверность сделанных заключений. Достигнутые результаты обучения показывают, что ИНС имеют высокий потенциал для разработки методов и алгоритмов моделирования вычисления положения электрической оси сердца и дальнейшей работы по выявлению отклонений в электрокардиограммах.

Литература.

1. Туренко, С.К. Формирование множества результатов выделения при построении критерия качества на основе формализации экспертных оценок / С.К. Туренко, Р.К. Ахмадулин // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна: материалы Четвертой Всероссийской научно-практической конференции. Тюмень, 27-28 апреля 2006 г. Том 2. – Тюмень: Вектор-Бук, 2006. – С. 101-103;
2. Ахмадулин, Р.К. Построение показателей качества на основе формализации представлений эксперта / Р.К. Ахмадулин, С.К. Туренко // Естественные и технические науки. – 2005. - № 5 (19). – С. 135-137;
3. Бакановская, Л.Н. Применение «жадного» алгоритма для оптимизации очередности запуска моделей швейных изделий в производство [Текст] / Л.Н. Бакановская, Н.С. Мокеева, В.А. Заев // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2011. – № 2. – С.23-26;
4. Чекардовская, И.А. Эффективная система проектирования производственных процессов [Текст] / И.А. Чекардовская, Л.Н. Бакановская, И.А. Торопова // Научное обозрение. – 2015. - № 5. – С. 272-278;
5. Глушкова, Е.Г. Методические указания по выполнению лабораторной работы: «Регистрация электрической активности сердечной мышцы» [Текст] / сост. доцент кафедры КС, к.б.н. Е.Г. Глушкова: Тюмень, ТюмГНГУ, 2015. – 18 с.;
6. Бакановская, Л.Н. К вопросу о разработке нейросетевых экспертных систем [Текст] / Л.Н. Бакановская // Materials of the XI International scientific and practical conference, “Conduc of modern science”, - 2015. Volume 3. Economic science. Sheffield. Science and education LTD – 112 стр. – С. 11-14;
7. Ахмадулин, Р.К. Программное обеспечение проектирования и оценки качества полевых геофизических исследований на нефть и газ [Текст] : автореферат дис. ... канд. техн. наук / Ахмадулин Руслан Камильевич. – Тюмень. : Изд-во «Нефтегазовый университет», 2006. – 18 с.;
8. Глухих, И.Н. Применение нечеткой логики в моделировании информационной системы обнаружения мошенничества с использованием пластиковых карт [Текст] / И.Н. Глухих, А.П. Моор // Вестник Тюменского государственного университета. – 2006. – № 5. – С. 204-210.
9. Ахмадулин Р.К. Опыт применения принципов объектно-ориентированного программирования при разработке приложений в геологии и геофизике / Р.К. Ахмадулин // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 38-42.

ПРИКЛАДНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ISPRING ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ОБУЧЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ

Е.Ю. Малушко, к.пед.н, зам.директора ИФиММК по информатизации, ст.преподаватель

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

400062, г. Волгоград, пр-т Университетский 100,

E-mail: malushko_elena@mail.ru

Каждый раз при работе над новым проектом перед создателями обучающих курсов стоит цель с довольно обширным названием «эффективность». А она, в свою очередь, заключается в решении задач: повышение уровня квалификации обучающихся сотрудников, их вовлеченность в процесс и возможность использовать в работе полученные знания.

Работа в интеллектуальной сфере e-learning требует от специалистов постоянного совершенствования, новых знаний и технологий. Обучение персонала предприятий – задача, от выполнения которой зависит успех целых фирм. Этой цели эффективно способствует компания iSpring и ее продукция для дистанционного и интерактивного обучения.

Один из самых популярных продуктов iSpring Suite действует как мощный универсальный инструмент создания тестов, презентаций, электронных курсов. Использование возможностей программы позволяет эффективно провести обучение нового персонала, обучить новым методам работы или работе с новым материалом, проверить навыки бизнес-коммуникации: Drag-and-drop (перетаскивание объектов по экрану в режиме презентации); гибкий подсчет баллов; возможность свободного ответа; экспорт в другую программу (Microsoft Word/ Excell/ Power point и т.д.); отправка результатов на электронную почту / сервер; добавление видео, аудио, изображений, Flash-роликов, формул в вопросы и презентации; наличие помощников / анимированных персонажей (для объяснения материала, демонстрации); создание видеолекций и электронных курсов и интеграция их в интернет (сайт, блог), СДО (moodle), конвертация в .mp4 и загрузка на YouTube при необходимости; возможность быстро и без специальной подготовки разрабатывать профессиональные дистанционные курсы прямо в PowerPoint.

Продукт iSpring Presenter, служащий разработке электронных курсов, был дважды награжден награжден золотой медалью: в 2010 г. Brandon Hall Learning Technology за «Достижения в обучении 2010» (Excellence in Learning Technology 2010) от Brandon Hall в категории «Лучшие достижения в технологии быстрой разработки электронных курсов» (Best Advance in Technology for Rapid Authoring) и в 2013 г. Brandon Hall Group Excellence за технологическое мастерство в категории «Лучшие достижения в технологии разработки контента».

Компания iSpring также в 2015г. выпустила первый и единственный инструмент на российском рынке e-Learning под названием iSpring Suite DX, который позволяет программно управлять воспроизведением презентаций в новом формате, т.е. не только запрограммировать ход презентации и анимацию при помощи триггеров, но и назначить собственные правила действия.

В начале 2016 г. две крупные компании iSpring и Competentum выпустили совместный продукт iSpring Competentum Edition, объединивший в себе фирменный редактор курсов iSpring и СДО Competentum и позволяющий эффективнее и быстрее решать задачи по обучению студентов в образовательных учреждениях и персонала в бизнес-среде.

Специально для бизнеса компания iSpring выпустила в 2015г. многопользовательскую версию облачного сервиса - iSpring Cloud Business и версию для любых пользователей - iSpring Cloud Pro, каждая из которых предназначен для безопасного хранения и быстрого распространения материалов.

Программы iSpring достаточно удобны и полезны не только при целенаправленной организации дистанционного обучения, но и для поддержки бизнес-коммуникаций.

В образовании продукты iSpring используются как в аудиторном, так и внеаудиторном процессе, а чаще всего для создания курсов для СДО и ЭИОС.

В бизнесе существует два базовых направления, где успешно могут применяться продукты iSpring. Это не значит, что практическая польза ограничивается этим, поскольку каждый год появляются программные обновления и новые идеи клиентов. Первое направление связано с обучением сотрудников компании/предприятия, второе – с продвижением и продажей товаров и услуг, а также обучением клиентов самой компании.

В первом случае, использование продуктов iSpring при обучении сотрудников организации благодаря их удобному и интуитивному интерфейсу позволяет создавать разнообразный корпоративный / профессионально-образовательный контент: курсы, видеопрезентации, обучающие игры, тесты и опросы; легкая публикация готовых материалов; просматривать курсы и тесты с любых устройств (с компьютеров, ноутбуков, планшетов); отслеживать полученные результаты тестирования, пройти тест заново и исправить допущенные ошибки.

Например, при наличии задачи в максимально короткие сроки провести обучение персонала по ключевым продуктам / услугам и аттестовать их компетентность использование QuizMaker8.1 дает возможность создать обучающие тесты, в которых акцент придается не столько контролю знаний, сколько получению информации, её структуризации и моментальной работе над ошибками. В итоге персонал компании или предприятия способен изучить новый высокотехнологичный продукт или новый способ работы/услуги за 20-30 минут, получить информацию по своим ошибкам, а также продемонстрировать текущий уровень знаний.

Во-вторых, обогащенный функционал программ iSpring позволяет создавать не только обучающие материалы, но и рекламные ролики и flash-баннеры, необходимые для осуществления маркетинга и продаж. С помощью программ iSpring можно также создать flash-баннер в привычной PowerPoint. Клиенты iSpring размещают на сайтах своих организаций онлайн-презентации товаров и

услуг. Главный плюс таких рекламных роликов в том, что они «продвигают» вашу продукцию 24 часа в день, 7 дней в неделю даже без участия владельца. Таким образом, создав рекламу в iSpring мы получаем видео- и аудиосопровождение в презентации (живой рассказ о своих продуктах); различные анимации и эффекты; оформление плеера просмотра презентации в корпоративном стиле; защиту презентации и многое другое.

Помимо того, iSpring позволяет установить свой продукт сразу на несколько компьютеров и обновить свои программы для всех компьютеров сети без отвлечения пользователей от работы на компьютере. Ключевой момент в том, что такой метод позволяет экономить время на установку программ в рамках локальной (компьютерный класс, офис) или даже корпоративной сети (филиальная сеть компании, несколько подразделений). Система iSpring может быть развернута удаленно сразу на несколько компьютеров.

Для руководителей это означает существенную экономию временных, пространственных и трудовых ресурсов. Процесс установки программного обеспечения становится гораздо проще, экономит время и деньги и позволяет ИТ специалистам сосредоточиться на других более важных задачах.

А системным администраторам не нужно многократно выполнять рутинные действия, перемещаться между удаленными офисами и повторять те же команды на каждом компьютере. Для установки не требуется инструктаж всех сотрудников, а системный администратор может быть уверен, что все операции будут исполнены без ошибок.

Литература.

1. II Международная научно-практическая конференция «Инновации в информационных технологиях и образовании» (1-2 ноября 2013 г.): сборник трудов. – М.: АНО «ИТО», 2013. – 192 с. – С. 85-93.
2. Официальный сайт iSpring. URL: www.ispring.ru (дата обращения: 25.03.2016)
3. Anderson, P. What is Web 2.0? Ideas, technologies and implications for education // JISC Technology and Standards Watch. – 2007. URL: <http://www.jisc.ac.uk/media/documents/techwatch/tsw0701b.pdf> (date of access: 25.03.2016)
4. Gonzalez, D. Teaching and learning through chat: taxonomy of educational chat for EFL/ESL // Teaching English with technology, 2003. – No.4. – p.33-45.
5. Lorenzo, G., Dziuban, Ch. Ensuring the Net Generation Is Net Savvy // Educause learning initiative. – September 2006. – p. 5-7.
6. Malushko, E.Yu. Innovative internet resources in teaching foreign languages // Linguistik und Fremdsprachendidaktik im Dialog zwischen den Kulturen. – Kirsch-Verlag, 2011. – p. 187-193.
7. Malushko, E.YU. Methodological podcasts as a way for developing the pre-service teachers' professional competence and skills // ISJ Theoretical & Applied Science. – Sweden: Linköping, 30.01.2015. – 01 (21). – pp. 173-177.
8. Malushko, E.YU. Use of special virtual learning system for educating schoolchildren with disabilities // 2nd international multidisciplinary scientific conference on social sciences & arts SGEM 2015: conference proceedings. Book 1. Psychology & psychiatry, sociology & healthcare, education, 2. – Bulgary, Albena, – pp. 1155-1160.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЕЕ ИМИДЖА

Г.О. Тащиян, к.т.н., доцент, Е.С. Горяйнова, студентка гр.17Б41

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.(38451) 7-77-62

E-mail: gtashiyana@mail.ru

Главной задачей по достижению предприятием стабильного положения на рынке является его положительный корпоративный образ (имидж). Практически все руководители, занимающиеся вопросами создания положительного образа предприятий, отмечают, что его разработка начинается с разработки визуальных атрибутов. Для определения имиджа предприятия предлагается автоматизировать процесс мониторинга ее конкурентоспособности по балльным критериям оценки, апробация которой планируется на предприятиях угольной промышленности России, т.к. доля ее добычи в 2013 году составило 352 млн. тонн угля и эта цифра постоянно растет [1].

В настоящее время потребностью развития и усовершенствования общественного производства как базы для достижения экономического могущества страны являются современные технологические комплексы машиностроения [2].

Машиностроение в России это одна из самых распространенных отраслей в территориальном аспекте [3]. Машиностроение – главная отрасль промышленного производства, влияющая на развитие различных сфер хозяйственной деятельности страны, и, отражающая уровень ее научно-технического состояния [4]. Ассортимент продукции самый разнообразный – очистные комбайны, шахтные крепи, стреловые самоходные краны и т.д.

В начале 2011 года на шахтах России использовались 134 очистных комбайна, 108 из которых были импортными, в основном из Украины, Польши, Германии и США [5]. Проблемой низкого спроса на российские очистные комбайны частично объясняется низким уровнем конкурентоспособности отечественных производителей.

Цель любого предприятия – это максимизация прибыли. В условиях рынка достигается эта цель при наличии высокой степени конкурентоспособности, как самого предприятия, так и ее продукции. Поэтому любое предприятие сталкивается с проблемой выживания в быстро меняющихся условиях рынка на стратегическом и тактическом уровне.

Оценка конкурентоспособности предприятия достаточно сложная задача, поскольку существуют определенные экономические, финансовые, кадровые [6] показатели и ряд других, которые характеризуют результативность деятельности фирмы.

Проблемы эффективного развития организаций, подталкивает современных руководителей к автоматизации практически всех процессов на предприятиях. В рамках этой статьи предлагается рассмотреть проблему автоматизации мониторинга конкурентоспособности имиджа организации (предприятия), как составной части конкурентоспособности предприятия, используя опыт автоматизации конкурентоспособности наукоемкой продукции, изложенный в работе [7].

Имидж (образ) предприятия является одним из важных аспектов восприятия и оценки, производящее на окружающих особое впечатление. Имидж – это образ предприятия, существующий в сознании людей. Формирование благоприятного имиджа для предприятия – процесс более выгодный и менее трудоемкий, чем исправление неблагоприятного образа, сформировавшегося порой спонтанно.

Главное условие достижения предприятием устойчивого делового успеха является его положительный имидж, т.к. дает определенный рыночный вес, силу; обеспечивает привлечение потребителей и партнеров; повышает конкурентоспособность предприятия на рынке; защищает позиции предприятия от товаров-заменителей фирм конкурентов; ускоряет процессы сбыта; возрастают объемы продаж; стремиться к принципу максимизации прибыли; расширяет возможность предприятия в кредитовании; упрощает доступ предприятия к различным ресурсам и т.д.

Отрицательный же имидж у общественности вызывает не только отрицательные эмоции, но и способствует уменьшению заказов и объемов сбыта, вплоть до полного прекращения функционирования предприятия.

Создание положительного имиджа предприятия включают ряд мероприятий: реклама, презентация, пресс-конференция, симпозиум, совещания, меценатство, спонсорство, публичное выступление, публикация статей о предприятии и т.д. В зависимости от особенностей предприятия, сферы его деятельности, местоположения, потребителей, и других факторов будут определены конкретные мероприятия по формированию имиджа.

Имидж предприятия формируется из следующих составляющих:

- имидж продукции, товара или торговой марки;
- внутренний имидж организации – представление занятых о своей организации;
- имидж управляющего звена предприятия;
- визуальный имидж – мнение окружающих относительно внешнего облика организации и персонала (интерьер, экстерьер, фирменная символика);
- имидж потребителей – здесь крупные клиенты могут стать «лицом» организации;
- имидж обслуживания – представление прямых и косвенных покупателей относительно уровня обслуживания;
- социальный имидж – представление широкой общественности о социальных целях и роли организации в экономической, социальной и культурной жизни общества;

- бизнес-имидж организации – представления компетентных кругов общественности относительно деловой репутации, добросовестности в выполнении своих обязательств, хозяйственных связей, патентной и лицензионной защиты и т.д.

Опрос и анкетирование уже давно применяется для оценки различных состояний управляемого объекта. Так в работе [8] представлены методика и результаты опроса-анкетирования 24 машиностроительных предприятий пользующихся услугами выпускников ВУЗов страны.

Для того чтобы определить имидж предприятия авторы предлагают использовать анкетирование методом экспертных оценок указанных выше показателей по балльно-рейтинговой методике, которая должна быть автоматизирована. В качестве оценок можно, например, выбрать 10-балльную шкалу оценивания.

Список критериев и баллы для оценки показателя конкурентоспособности имиджа организации ($K_{им}$) представлены в работе [9].

Расчет показателя $K_{им}$ производится по следующей формуле:

$$K_{им} = \frac{1}{10n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_j K_{ио_{ij}}$$

где:

$K_{им}$ – показатель конкурентоспособности имиджа организации;

$K_{ио_{ij}}$ – оценка i -ым экспертом j -го критерия имиджа;

i – количество экспертов;

j – количество оцениваемых критериев имиджа;

a_j – важность j -го критерия имиджа;

$10n$ – максимально возможное количество баллов, которое может получить оцениваемый критерий.

Недостатки использования экспертных методов в работе [10] предлагается решить с помощью четкой формулировки задачи, включения в процедуру экспертного оценивания универсальных оценочных показателей, а также путем разработки специального программного обеспечения системы принятия решений.

В работе [11] балльно-рейтинговая методика также выбрана в качестве основы для оценки эколого-экономических показателей региона, которая дает возможность оценить условия развития экологического рынка в эколого-экономической системе региона с точки зрения их качества.

Любая организация должна постоянно обращать внимание на создание лояльного отношения к себе. И только в этом случае можно рассчитывать на продолжительный успех и деловое признание в обществе.

Таким образом, для определения конкурентоспособности предприятия, имидж является одной из главной ее составляющей. Создание положительного имиджа предприятия – процесс сложный и многогранный, который требует серьезного отношения и громадных усилий.

Поэтому для повышения эффективности мониторинга конкурентоспособности имиджа предприятия необходимо данный процесс автоматизировать путем разработки специального программного обеспечения.

Литература.

1. Prokopenko S.A., Ludzish V.S., Kurzina I.A., Sushko A.V. Results of industry testing of multiple use rock-cutting picks // Gornyi Zhurnal (Gornyi Zhurnal). - 2015 - №. 5. - p. 67-70.
2. Osipov Y.M., Osipov O.Y., Trifonov V.A. Prospects for Establishment of Technological Complexes in Machine Building Industry on The Basis of Electromechatronic Propulsion Systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012023. - p. 1-6.
3. Suzdalova M.A., Politsinskaya E.V., Sushko A.V. About the problem of professional personnel shortage in mechanical engineering industry and ways of solving // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2015 - Vol. 206. - p. 394-398.
4. Loshchilova M.A., Lizunkov V.G., Zavjyalova A.V. Professional Training of Bachelors in Mechanical Engineering, Based on Networking Resources // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2015 - Vol. 206. - p. 399-405.
5. Prokopenko S., Sushko A., Kurzina I. New design of cutters for coal mining machines// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 91 (2015) 012058 doi:10.1088/1757-899X/91/1/012058.

6. Medvedeva O.V. Strategic Concept of Competition Model in Knowledge-Based Logistics in Machine-building // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012068. - p. 1-7.
7. Tashchiyan G.O., Sushko A.V., Grichin S.V. Microsoft Business Solutions-Axapta as a basis for automated monitoring of high technology products competitiveness // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012065. - p. 1-6.
8. Lizunkov V. G. , Marchuk V. I. , Podzorova E. A. Identification of Criteria, Features and Levels of Economic and Managerial Competencies Development for Bachelors in Mechanical Engineering // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2015 - Vol. 206. - p. 388-393.
9. Тащиян Г.О. Факторы конкурентоспособности имиджа предприятия. Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов V Международной научно-практической конференции, в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ); под. ред. Д.А. Чинахова. 2014.-Т. 2. С. 147-149.
10. Nesteruk D.N., Momot M.V., Beglyakov V.Y., Politsinskaya E.V. Expert evaluation of the Quality of the Development of New Technics' Samples: Experience in the Development of a New Kind of Multipurpose Shield-Type Heading Machine // Applied Mechanics and Materials. - 2015 - Vol. 756. - p. 709-713.
11. Trifonov V.A., Shabashev V.A., Verzhitsky D.G. The problems of developing the ecological market of the region // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 591-595.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОНОМИКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.А. Шихов, Г.Ф. Ромашина, д.с.н., проф.

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный университет»

625003, г. Тюмень, ул. Ленина, д.16, тел. (3452) 29-76-62

E-mail: pover@ya.ru; gr136@mail.ru; fei@utmn.ru

На сегодняшний день актуальной является разработка теорий и практических инструментов, позволяющих получить стоимостные оценки как самой информации так и продуктов, в создании которых она играет доминирующую роль. Не смотря на то, что оценка пригодности данных для процессов автоматизированного принятия решений выходит за рамки традиционных экономических задач, обойтись без инструментов экономического анализа такая оценка не может. Сущность такой автоматизации находится в границах точной параметризации исследуемых технико-экономических процессов.

Представляется, что не достаточно просто утверждать что революция данных пойдёт на пользу устойчивому развитию общества. Возникающие в ходе этой трансформации бизнесов социально-экономические и технологические риски подлежат тщательному изучению и контролю, в том числе и при помощи предлагаемых в данной работе технико-экономических решений.

Примерами автоматизированного принятия экономических решений являются: роботы-трейдеры на фондовых площадках, роботы-диспетчеры в системах электронного заказа такси, некоторые решения в области «умных домов», отчасти – электронные экспертные системы кредитно-финансового сектора и программы домашней бухгалтерии в носимых гаджетах. Компании делающие ставку на цифровые преобразования конкурентной среды демонстрируют лучшие экономические показатели и вытесняют традиционные бизнес-модели.

Базовая гипотеза. Предполагается, что если выполнены условия по сбору, организации и подготовке вводных данных, возможно выстроить алгоритм принятия оптимальной технико-экономической стратегии в автоматическом режиме.

Условия реализации алгоритма включают в себя аналитические, технологические, информационные и организационные компоненты. В указанный перечень входит разработка и внедрение информационно-технических инструментов для определения и фиксации причинно-следственных связей между технологическими параметрами производства, результатами контроля выхода и качества продукции и экономическими показателями фирмы. Собранные данные хранятся и обрабатываются в структурированной реляционной базе данных. На данные накладываются условия обеспечения целостности, идентификации и индексации, а комплексная экспертная оценка отрицает наличие критической информации, оставшейся вне анализа. Организационные компоненты подразумевают командную работу экспертов и специалистов с широким кругом компетенций, в том числе технологов, математиков, специалистов по автоматизированным системам в управлении, экономистов.

Исходя из задач данной работы, сформулируем цель сбора, организации и анализа данных как генерацию новых решений, которые оказывают существенное влияние на рост показателей прибыли.

Последнее может быть формализовано в виде уравнения с коэффициентом приращения частного аргумента (формула 1):

$$f\{a; a_n; a_{n+1}; \dots\} \exists K \Rightarrow F_{d+1} > F_{d-1} * K \quad (1)$$

где

$\{a; a_n; a_{n+1}; \dots\}$ – массив переменных для анализа,

F_d – финансовый результат на дату отчёта,

K – коэффициент управляющего воздействия.

Уравнение, имеющее представленный вид, характерно для рациональной экономической модели в стадии роста. Для функции от множества операционных данных a существует коэффициент K , применение которого приводит к положительному приращению F в периоде $d+1$. Базовая гипотеза утверждает существование равновесных моделей и моделей с отрицательным приращением, т.е. в случаях изменения знака на «=» или «<» уравнение описывает экономику предприятия в стадии равновесия или стагнации, соответственно. Изложенный принцип «взвешивания» и потенциальное множество решений уравнения предлагается использовать в качестве математического механизма для автоматического выбора оптимальной технологической стратегии – набора исходных данных « $\{a; a_n; a_{n+1}; \dots\}$ », соответствующего плану перспективного периода. На модельном уровне производится автоматическое изыскание экономически оптимального коридора технологических параметров.

В концепцию входит система эмпирического измерения, сбора и хранения технико-экономических параметров и динамических данных, которая включает в себя реляционный учёт [1] операционных данных и формализованную отчётность в условиях избыточности данных. Специально подготовленная оперативная технико-экономическая отчётность, как системная часть информационного вывода, позволяет пользователю анализировать эффективность автоматического управления. Организация этой части системы является задачей АСУТП и описывается в авторских работах [2, 3].

В рамках данной статьи описывается двух составная итерационная система, включающая оценочную и количественную модели, направленные на взаимное подтверждение выводов и генерацию уточняющих оценок.

Принципы предложенной оценочной модели пересекаются с теорией «динамической игры в условиях совершенной информации». В которой, основному набору показателей: p – агрегатор финансового потока; Q – агрегатор качественных характеристик продукции; T – агрегатор количества продукции, пошагово присваиваются взвешенные оценки для "верных" и "неверных" решений. Принцип взвешивания и присвоения оценок (таблица 1) является дискретным и производится относительно каждой технологической операции. В качестве конфликтующих игроков выступают требования к сокращению издержек производства и максимизация прибыли при сохранении пропорциональных отношений в рамках алгоритма многопараметрической оценки. Оценка является показателем для селекции и группировки технико-экономических практик по признаку эффективности упрощает вывод технико-экономической отчётности, призвано согласовываться с выводами количественной модели. Набор агрегаторов и условий, представленный в таблице 1, не является окончательным и может расширяться на основе экспертных рекомендаций. В аналитическую часть оценочной модели включён метод обратной индукции на дереве - алгоритм Н.Куна (Kuhn N.) и равновесия Д.Нэша (Nash D.) [4].

Таблица 1

Принцип взвешивания и присвоения оценок			
	условие	оценка	
показатели	p	p увеличился, а отношение T и Q не изменилось	+1
		p уменьшился, а отношение T и Q не изменилось	-1
		Предыдущие условия не соблюдаются	0
	T	T увеличился, а отношение p и Q не изменилось	+1
		T уменьшился, а отношение p и Q не изменилось	-1
		Предыдущие условия не соблюдаются	0
	Q	Q увеличился, а отношение T и p не изменилось	+1
		Q уменьшился, а отношение T и p не изменилось	-1
		Предыдущие условия не соблюдаются	0

Идея количественной модели основана на аккумуляции статистической базы традиционных экономических и технологических параметров, – условий производства, расхода сырьевых ресурсов, энергоёмкости, товарной номенклатуры, количества и качества продукции, - инструментами реляционной алгебры, реляционными базами данных.

Рисунок 1 демонстрирует основной математический принцип. Все количественные отношения выражены в процентах. Оси Y соответствует шкала финансового индикатора p (*Пэ, finance*), в пределах которой, на усмотрение пользователя, может отражаться любой частный финансовый показатель – ликвидность, оборот активов, рентабельность продаж, чистая прибыль и др. В базовом решении это сводный финансовый поток включающий затраты по типам: постоянные, переменные, маржинальную и налоговую части.

Оси X соответствует шкала качества продукции Q (*кю, quality*) – индикатор демонстрирующий совокупный набор потребительских качеств продукции или услуги. В реляционном учёте качественные характеристики продукции/услуги связаны с технологическими параметрами, расходом ресурсов, стоимостью функций и затратами на персонал. Соответственно рост качества продукции приводит к росту себестоимости, но и увеличивает конкурентоспособность товара. Значения качественных характеристик не могут быть выражены в отрицательных величинах, Q всегда больше нуля.

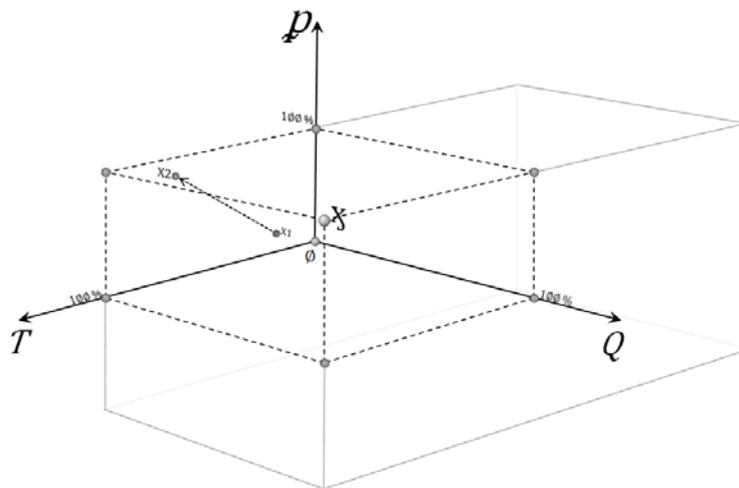


Рис. 1. Схема основного математического принципа работы информационно-аналитической модели (рисунок автора)

Оси Z соответствует количество товарной продукции T (*тай, trade*), полный диапазон шкалы отражает потенциальную мощность производства, а индикатор демонстрирует уровень приближения к ней. В свою очередь, произведение себестоимости единицы продукции на количество продукции пропорционально отражается в значениях финансового потока. Подобным образом преобразуются и результаты от продаж, другие заявленные в учёте доходы и расходы. Дополнительно, в целях вывода аналитической отчётности, с набором атрибутов формирующих значения шкалы реляционно связаны количественные и юридические данные от продаж продукции/услуг, мероприятия и результаты деятельности служб отвечающих за маркетинг.

Далее в модель введен x (ixi) – технико-экономический мультипликатор в состоянии суперпозиции – «супер-амбиция собственника» – предел/граница возможностей материально-технической базы. Значение x принадлежит функции от множества переменных состояний финансового индикатора p , индикатора товарных единиц T и индикатора уровня потребительских характеристик Q – качества (формула 2):

$$x \in f\{p; T; Q>0\} \quad (2)$$

Рисунок 1 содержит два динамических показателя, их положение зависит от реального технико-экономического состояния фирмы и перспективного плана на результаты:

$X1$ – текущее технико-экономическое состояние предприятия,

$X2$ – план на операционную дату – «обычная амбиция менеджера» – любое новое технико-экономическое состояние предприятия.

Фактически точки $X1$ и $X2$ могут находиться и в зонах отрицательного значения финансового показателя (например: кредиторская и дебиторская задолженность) и отрицательного количества товарных единиц (например: получена предоплата от заказчика до производства продукции).

Вектор движения от точки $X1$ к точке заявленной амбиции это расчёт кратчайшего расстояния в множестве технологических и экономических показателей (формула 3):

$$f(p_x \rightarrow p_y) \in \{p; T; Q > 0\} \quad (3)$$

Соответствие вектору является подтверждением эффективности исполнения бизнес-процесса, а отклонение от вектора – признак не эффективности. В прикладной отчётности диапазон отклонения от вектора может выражаться шкалой «хорошо-нормально-плохо» или дискретной спектральной шкалой перехода от красного (плохо) через жёлтый (нормально) в зелёный (хорошо). Результаты работы с оценкой «хорошо» являются коридорами, подлежащими закреплению в производственном нормировании, управленческие решения вырабатываются в автоматизированном режиме.

С одинаковой эффективностью модель может использоваться как для планов с ростом показателей так для планового свёртывания деятельности – закрытия обязательств, уменьшения финансовых потоков, сокращения производства, в этом случае «цель-точка- $X2$ » находится в позиции «ноль» или в отрицательных областях модельной зоны (например когда собственник ставит цель – получить выгоду из банкротства).

Информационно-аналитическая модель подразумевает способность к расчёту эффективности управляющего воздействия через соответствующий коэффициент. В сущности, этот показатель – математически обоснованный индикатор эффективности менеджера или группы управленцев принимающих ключевые технологические и экономические решения.

В результате синтеза базовой гипотезы (формула 1) и набора прикладных данных (формулы 2, 3) имеем следующую цепь логического вывода:

$$f\{p; T; Q > 0\} \exists f(p_x \rightarrow p_y) \Rightarrow p_{d+1} > p_{d-1} * f(p_x \rightarrow p_y) \quad (4)$$

для которого значение « $f(p_x \rightarrow p_y)$ » всегда больше 1 – состояние экономического роста,

$$f\{p; T; Q > 0\} \exists f(p_x \rightarrow p_y) \Rightarrow p_{d+1} < p_{d-1} * f(p_x \rightarrow p_y) \quad (5)$$

для которого значение « $f(p_x \rightarrow p_y)$ » всегда меньше 1 – состояние экономического спада,

$$f\{p; T; Q > 0\} \exists f(p_x \rightarrow p_y) \Rightarrow p_{d+1} = p_{d-1} * f(p_x \rightarrow p_y) \quad (6)$$

для которого значение « $f(p_x \rightarrow p_y)$ » всегда равно 1 – состояние экономического равновесия.

Данная модель является обобщением, реальный алгоритм решения частных технико-экономических уравнений направлен на описание производственных процессов в виде цепей причинно-следственных отношений, и был частично описан в работе автора «Модель системы контроля и управления качеством производства отливок» [5]. Детализация такого алгоритма не входит в задачи данной работы.

Учитывая условия полной определённости входных данных, расчёт показателя носит линейный характер, может быть воспроизведён в виде переменной, от значения которой зависит выбор технологической стратегии в автоматическом режиме для реальных производственных процессов.

Рациональность таких, автоматизированных логико-технологических выводов, подлежит экспертной оценке. На данном этапе разработка гипотезы и решения носит исследовательский характер. Задачи оцифровки бизнес-процессов, представления процессов управления как цепи логико-экономико-технологических решений в частично или полностью автоматизированном режиме, носят междисциплинарный характер и включены в наиболее значимые тренды развития мировой экономики.

Предложенная авторами концепция комплексного управления технологией производства и экономикой предприятия проходит отладку в наборе прикладных технико-экономических данных металлургического завода ООО «УГМК» МЗ «Электросталь г.Тюмени» и является частью научной работы магистранта ТюмГУ Е.А.Шихова.

Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда «Программно-целевое управление комплексным развитием Арктической зоны РФ (проект №14-38-00009)». Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

Литература.

1. Джон Кауффман, Брайн Матсик, Кевин Спенсер. SQL Программирование: учебное пособие. М.: Изд-во БИНОМ Лаборатория знаний, 2002. – 715с.
2. Князев С.В., Усольцев А.А., Чичков В.И., Шихов Е.А. Контроль и управление производства отливок по критерию их качества. //Теория и практика литейных процессов: труды Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию кафедры литейного производства СибГИУ./ Редкол.: Селянин И.Ф., Деев В.Б., 2012.- Новокузнецк, Изд.центр СибГИУ.- с.153-158.
3. Скопич Д.В., Князев С.В., Усольцев А.А., Шихов Е.А. Проектирование автоматизированных систем управления в литейном производстве. //Теория и практика литейных процессов: труды Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию кафедры литейного производства СибГИУ./ Редкол.: Селянин И.Ф., Деев В.Б., 2012.- Новокузнецк, Изд.центр СибГИУ.- с.145-150.
4. Антонова З.Г. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: учебное пособие / издание 2-е. Томск:Изд-во ТПУ, 2011. – 247 с.
5. Шихов Е.А., Полосухин А.С. Модель системы контроля и управления качеством производства отливок. // Исследования молодых - регионам: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках фестиваля научной мысли "Регионы России", Новокузнецк, 2-6 апреля 2012 г.: в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Новокузнецкий филиал (НФ), под. ред. С. И. Каквихиной. — Томск: Изд-во ТПУ, 2012 Т. 2. с - 272: ил. ISBN 978-5-4387-0168-2.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В РАМКАХ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ В АКАДЕМИИ CISCO

Е.В. Ожогов, ассистент, К.С. Картуков, студент гр. 17В20

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-77764

E-mail: blackjack41@mail.ru

Современное обучение в учреждениях среднего и высшего профессионального образования очень тесно связано со множеством разнообразных видов программного обеспечения, часть из которого может быть предоставлена бесплатно (в рамках договора между фирмой-производителем и образовательным учреждением). В то же время большинство программных продуктов необходимо приобретать на основе коммерческой лицензии, что, несомненно, сказывается на бюджете. В то же самое время, нет жесткой необходимости в установке определенного платного программного обеспечения на все персональные компьютеры, задействованные в обучении. Достаточно установить программу на сервер и получать к ней доступ в определенные часы для проведения занятий на стационарных компьютерах. Точно так же дело обстоит при работе с требовательными и ресурсоемкими приложениями. Для комфортной работы в них может потребоваться большой объем оперативной памяти и высокая вычислительная мощность, которой недостаточно на стационарных компьютерах, но которая имеется на сервере. Таким образом, запустив программу на сервере, можно использовать его производственную мощность для организации вычислений, а на стационарном компьютере только лишь просматривать результат работы. Это позволяет сэкономить на приобретении большого количества мощных рабочих станций, но в то же самое время увеличивает нагрузку на сервер. Обратимся к серверу, который представляет собой, в большинстве случаев, обычный компьютер, но с более мощными комплектующими. Классически сервер позволял установить одну операционную систему, настроив которую должным образом, можно было выделить этому серверу роль в организации учебного процесса. Чтобы внести какие-то изменения, нужно было производить перенастройку, а в крайнем случае переустанавливать операционную систему целиком. Такие серверы редко были загружены выше 5-10%, что было крайне невыгодно и привело к появлению понятия «виртуализация» – это случай, когда на одном физическом компьютере можно установить и запустить одновременно несколько операционных систем. Это позволяет одному физическому серверу дать несколько логи-

ческих ролей при организации процесса обучения. Таким образом можно однажды приобрести мощный компьютер и установить там несколько операционных систем, настроив одновременный доступ к любой из них. Одним из самых распространенных решений виртуализации являются серверы компании Intel с программным обеспечением VMWare [1], позволяющим обеспечить удаленный доступ к серверу посредством консоли. Таким образом можно создать множество виртуальных серверов, поведение и работа которых будут полностью соответствовать физическим серверам, а нагрузка на них будет равномерно распределяться среди всех виртуальных машин, установленных на физическом сервере. Виртуализация серверов позволяет настроить и проверить в действии взаимодействие нескольких разных ролей серверов, что раньше было бы очень дорогостояще, а сейчас возможно сделать полностью на программном уровне. Установка операционной системы на виртуальную машину не слишком отличается от установки на физический компьютер, с той лишь разницей, что может пройти полностью без участия физического носителя. Установка может быть произведена из файла-образа операционной системы, расположенного на FTP-сервере. В рамках выполнения лабораторных работ по курсу обучения Cisco Routing & Switching используется виртуализация серверных операционных систем (Ubuntu, Windows Server 2012) с установленным программным обеспечением. Это позволяет показать обучающимся установку операционной «с нуля», показать первоначальные настройки системы, а также не бояться за случайные ошибки при выполнении работы студентами. В случае работы на реальном оборудовании существуют определенные риски, связанные с невнимательностью студентов, что может привести к потере данных.

Помимо виртуализации серверов можно виртуализировать дорогостоящее оборудование, к которому трудно получить доступ, например, маршрутизаторы, коммутаторы, ip-телефоны компании Cisco. В связи с этим компанией Cisco выпущен симулятор работы оборудования Packet Tracer, работа в котором позволяет спроектировать локальную сеть, проверить в действии настройки и протестировать работу оборудования. Но часть микропрограммы оборудования виртуализировать не удалось, поэтому некоторые функции остались недоступны в симуляторе. Таким образом, работа симулятора лишь очень похожа на работу реального оборудования, в действительности же могут быть существенные отличия в логике работы многих протоколов. В связи с этим Cisco Packet Tracer подходит для проведения лабораторных лишь отчасти, но основная масса лабораторных должна проходить на реальном оборудовании [2].

Еще одним выходом в представленной ситуации может послужить предоставление удаленного доступа к оборудованию Cisco посредством сети Интернет, как это реализовано в [3] нашими коллегами из ТУСУРа. Любой пользователь может записаться на проведение двух тестовых лабораторных работ и получить дистанционный доступ к реальному оборудованию, проверить свои навыки настройки маршрутизаторов и коммутаторов. Доступ к оборудованию осуществляется с помощью сеансового файла в программе SDM (рис. 1), каждое из устройств подключено через консольный кабель и имеет отдельную командную строку с подключением через терминальный доступ (рис. 2).

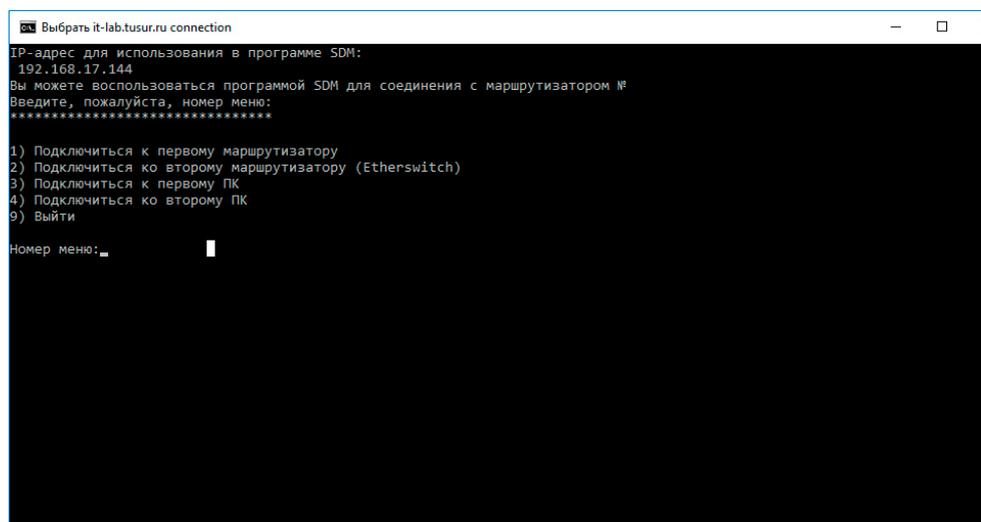
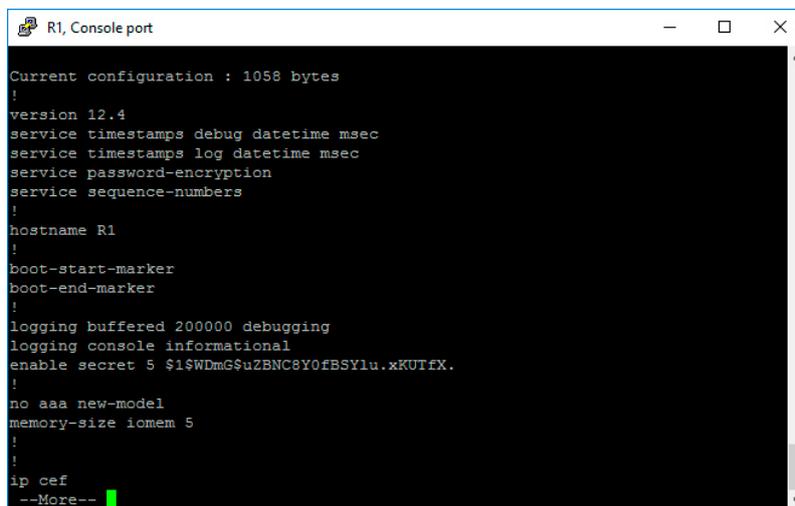


Рис. 1. Главное меню сеансовой программы

Удаленный доступ рассчитан, в первую очередь для слушателей дистанционной формы обучения. Выполняя лабораторные работы на удаленном оборудовании, студенты получают сразу несколько навыков: это работа с реальными устройствами, а не на симуляторе, практическое освоение удаленной настройки оборудования, применение полученных теоретических знаний на практике, решение практических прикладных задач, а не идеализированных. Также применение работы на удаленном оборудовании позволяет экономить на покупке дорогостоящих устройств и его настройке.



```
R1, Console port
Current configuration : 1058 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
service password-encryption
service sequence-numbers
!
hostname R1
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging buffered 200000 debugging
logging console informational
enable secret 5 $1$WdMg$u2BNC8Y0fBSYlu.xRUTfX.
!
no aaa new-model
memory-size iomem 5
!
!
ip cef
--More--
```

Рис. 2. Консольный доступ к маршрутизатору R1

Помимо курса Cisco Routing & Switching в академии проходит обучение по курсу Cisco IT Essential, в рамках которого имеется цикл лабораторных работ по внутреннему устройству персональных компьютеров и ноутбуков. Слушатели должны разобрать и собрать работоспособный компьютер, что в свою очередь может привести к рискам поломки рабочей техники. Целесообразное решение на первом этапе – использовать виртуальный тренажер от компании Cisco, позволяющий с помощью 3D-моделей компьютерных компонентов собрать и протестировать виртуальный системный блок, присоединив его нужными проводами к устройствам ввода-вывода. Плюсом этого метода является возможность показать 3D-модели как современного, так и устаревшего оборудования, а также их интерфейсы для подключения. Практика показывает, что после прохождения виртуальных лабораторных работ по сборке, слушатели курса с легкостью производят правильную сборку системного блока из комплектующих. Точно такие же виртуальные лабораторные работы есть для сборки ноутбуков и мобильных телефонов. Использование виртуальных лабораторных работ по сборке позволяет экономить на приобретении лабораторного оборудования, но дают лишь теоретические знания по внутреннему устройству персонального компьютера. Работа с реальными компонентами дает практические навыки студентам, которые можно получить лишь в одном случае – разобрать и собрать настоящий системный блок.

Таким образом можно сделать вывод о том, что виртуализация учебного процесса – это несомненный шаг вперед, позволяющий на основе современных технологий осуществить большую экономию при покупке аппаратного обеспечения. Тем самым не теряется весомость практических навыков слушателей курсов, а также совершенствуются их теоретические знания. В случае использования виртуальных машин практическая польза в работе с операционными системами значительно возрастает и позволяет обезопасить запуск программного обеспечения, а также ограничить риски потери данных.

Литература.

1. Технологии виртуализации и ПО для виртуальных машин [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.vmware.com/ru/virtualization/overview> (дата обращения: 15.03.16).
2. Cisco Packet Tracer 6.3 : Download free labs and tutorials for CCNA certification exam preparation [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.packettracernetwork.com/> (дата обращения: 17.03.16 17.03.16).
3. Тест-драйв системы удаленного доступа к сетевому оборудованию Cisco [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://fdo.tusur.ru/courses/test-drive> (дата обращения: 10.03.16).

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВИЗОРА

М.А. Корчуганова¹, к.т.н, доц., А.П. Сырбаков², к.т.н, доц.,

А.Д. Букатин¹, студент гр. 10400 ЮТИ ТПУ

¹*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (384-51)-7-77-61

²*Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт*

650056, г. Кемерово, ул. Марковцева 5

E-mail: kma77@list.ru, sap75@tpu.ru

Эффективность работы дизельного двигателя в условиях отрицательных температур определяется работоспособностью основных систем моторной установки, таких как топливоподающей и системы смазки [3].

Поэтому вопросы, связанные с оценкой воздействия климатических факторов на эффективность работы моторной установки машины в зимний период являются актуальными.

Наибольшее воздействие отрицательные температуры оказывают на работоспособность топливоподающей системы дизельных двигателей в силу конструктивных особенностей, расположения и эксплуатационных показателей применяемого дизельного топлива [1].

В зимний период работы машины с дизельным двигателем, топливо при его движении по топливоподающей системе от топливного бака до форсунки, под действием множества внешних факторов изменяет температуру в широком диапазоне, что в конечном итоге и определяет работоспособность основных элементов системы питания (прокачиваемость через элементы системы питания, качество смесеобразования и сгорания топлива в цилиндре двигателя) [2].

Температура дизельного топлива (в зависимости от марки) в основных элементах топливоподающей системы оказывает определяющее значение на работоспособность моторной установки. Поэтому с целью анализа и воздействия комплекса внешних факторов на изменение температуры дизельного топлива в системе питания (на примере трактора), необходим мониторинг температур топлива на всем протяжении топливоподающей системы.

Для определения и оценки температуры топлива в системе питания дизельного двигателя, как правило используют встраиваемые в топливную магистраль температурные датчики, подключенные к регистрирующей аппаратуре. Применение данного способа связано с повышенными трудозатратами проведения эксперимента (установка температурных датчиков, измерительного оборудования и т.д.), и результаты исследований не в полной мере отражает воздействие на топливо комплекса внешних факторов (окружающей среды, тепловое излучение от нагретых элементов двигателя).

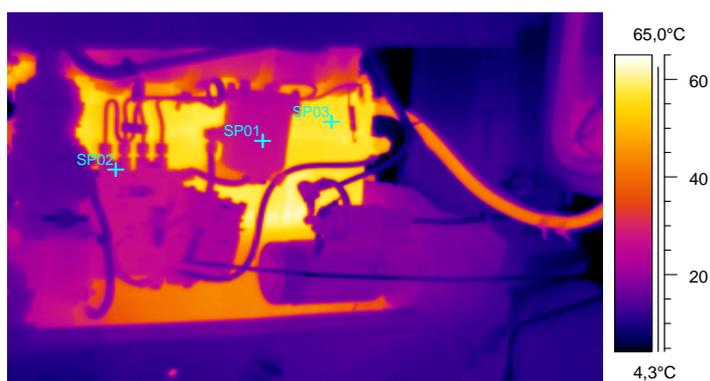
Как альтернатива, для измерения температуры топлива в элементах системы питания дизельного двигателя, предлагается использовать теплофильтр (тепловизор THERMA CAM PM 675), предназначенный для дистанционного измерения температуры определенного объекта в виде цветового поля характеризующий температуру. В основе работы тепловизора лежит измерение количества инфракрасного света, который исходит от объектов.

Применение данного метода (рис.1) позволяет частично оценить воздействие комплекса факторов (температура нагретых узлов двигателя и окружающей среды, расположение элементов топливоподающей системы) на интенсивность изменения температуры топлива в топливоподающей системе с минимальной трудоемкостью процесса исследования.

Использование измерений с помощью тепловизора также позволит решать задачи связанные с размещением элементов систем питания (фильтры грубой и тонкой очистки), с точки зрения эффективности разогрева топлива от нагретых элементов двигателя.

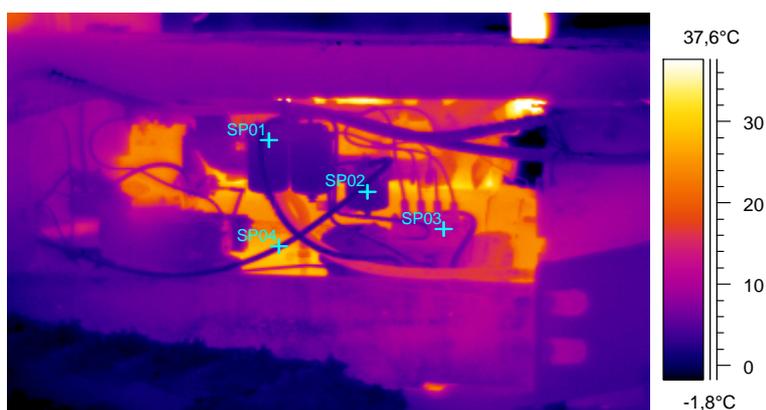
Основной недостаток тепловизора в том, что он фиксирует температурное поле поверхности исследуемых элементов, а не температуру топлива внутри этого элемента. Однако при проведении исследований погрешность измерения температуры топлива по сравнению с встроенными датчиками составила, в головке топливного насоса не более 3 %, в топливных фильтрах, топливном баке и топливном трубопроводе не более 5 %, что указывает на доверительную точность измерения температуры топлива в элементах системы с помощью тепловизора.

Применение тепловизора дает большие возможности не только для измерения температурных полей, но и частично определить влияние комплекса факторов воздействующих на данную систему.



Расстояние до объекта	2,7 м	
	<i>Метка</i>	<i>Значение</i>
SP01 – фильтр тонкой очистки	25,4°C	
SP02 – головка топливного насоса	26,4°C	
SP03 – блок двигателя	56,3°C	

а)



Расстояние до объекта	2,7 м	
	<i>Метка</i>	<i>Значение</i>
SP01 – фильтр тонкой очистки	5,5°C	
SP02 – фильтр грубой очистки	4,0°C	
SP03 – головка топливного насоса	11,8°C	
SP04 – топливопровод	4,0°C	

б)

Рис. 1. Диаграмма температурных полей двигателя:
а – Д-240(трактор МТЗ-80); б – А-41 (тракторДТ-75МН)

Литература.

1. Сырбаков, А.П., Корчуганова М.А. Обеспечение работоспособности системы питания дизельных тракторов в условиях отрицательных температур.. Вестник ИрГСХА. 2011. № 42. С. 117-123.
2. Петров, Г.Г. Совершенствование топливных систем дорожных и строительных машин / Г.Г. Петров, А.В. Лысунец, В.В. Медведев, Д.В. Халтурин // Автомобиль и техносфера: тезисы докладов Международной научно-практической конференции – Казань, 2005. – С. 210-213.
3. Удлер, Э.И. Теоретическая оценка работоспособности топливных систем мобильных машин / Э.И. Удлер, В.Д. Исаенко, П.В. Исаенко, Д.В. Халтурин // Актуальные вопросы развития современной науки, техники и технологий: Материалы IV Всероссийской научно-практической (заочной) конференции – Москва, 2011. С. 156 – 161.

СТРУКТУРЫ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИЯХ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

Р.К. Ахмадулин, к.т.н., доцент

Тюменский государственный нефтегазовый университет
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, тел. (3452) 28-30-19
E-mail: ark@tsogu.ru

Современные программные разработки, опирающиеся на принципы объектно-ориентированной парадигмы программирования (ООП), сегодня используются повсеместно, начиная от организации учебной деятельности [1, 2], и заканчивая управлением технологическим процессом на производстве [3-5]. Особенно важную роль использование программного обеспечения играет там, где требуется обработка больших объемов информации, например – в геологии и геофизике [6, 7].

При обработке результатов геофизических исследований, построении геологических моделей, формировании инженерно-геологических отчетов, программное обеспечение обычно оперирует существенными объемами данных. В данной работе, опирающейся на [8], рассмотрен опыт применения ООП для оперирования данными в таких приложениях.

В Институте геологии и нефтегазодобычи ТюмГНГУ в период с 2007 по 2015 гг. выполнено несколько проектов, в ходе которых разработаны:

- информационная система хранения, обработки и анализа инженерно-геологической информации [9];
- модуль для обеспечения ввода инженерно-геологических отчетов с компьютеров, не подключенных к корпоративной сети [10], с возможностью последующей их загрузки в базу данных;
- программа для решения обратной задачи метода ЗСБ, на базе существующего функционала [11] и др.

Перечисленные разработки обладают рядом общих характеристик. Например:

- обрабатываемые данные можно представить в виде иерархической структуры (рис. 1);
- необходимость представлять данные в разном виде, в зависимости от потребностей пользователя в конкретный момент времени;
- различие в наполнении набора данных в каждой конкретной задаче.

Хотя представленные характеристики и являются скорее общими, но они справедливы для всех перечисленных выше программных разработок и отличают их от разработок в некоторых других областях, например – связанных с автоматизацией технологического процесса [12].

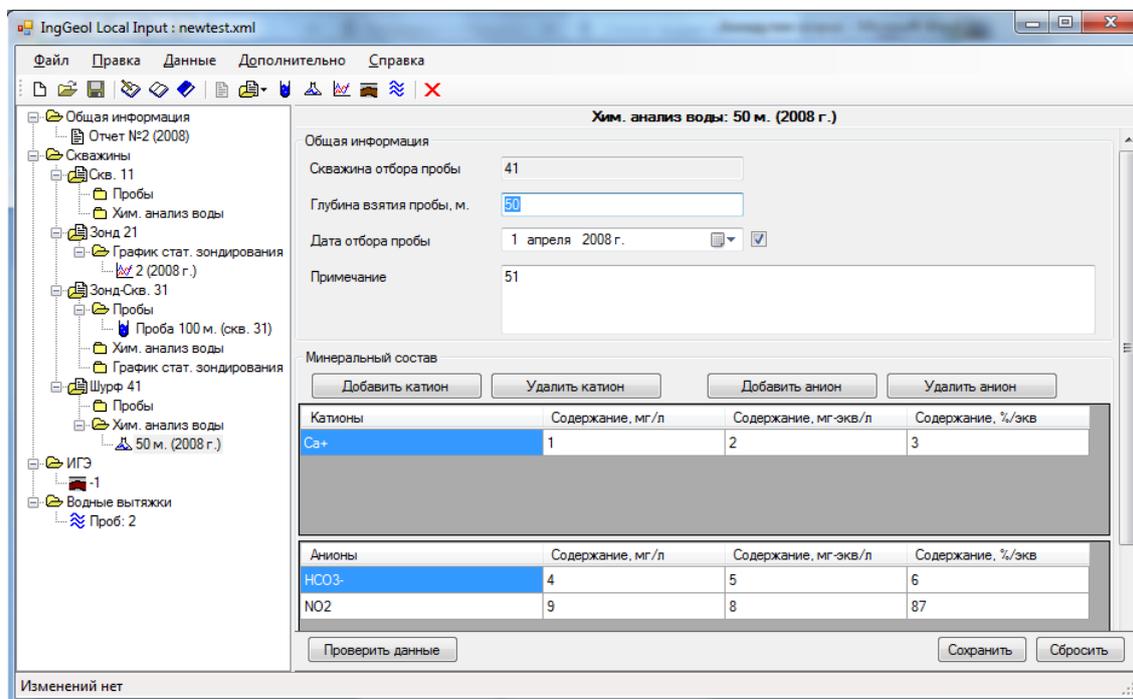


Рис. 1. Пример интерфейса программы, обеспечивающей ввод инженерно-геологических отчетов

Данные в геологических и геофизических программах могут иметь сложную иерархическую структуру. Пример структуры, реализованной в рамках работы [8], частично представлен на рис. 2.

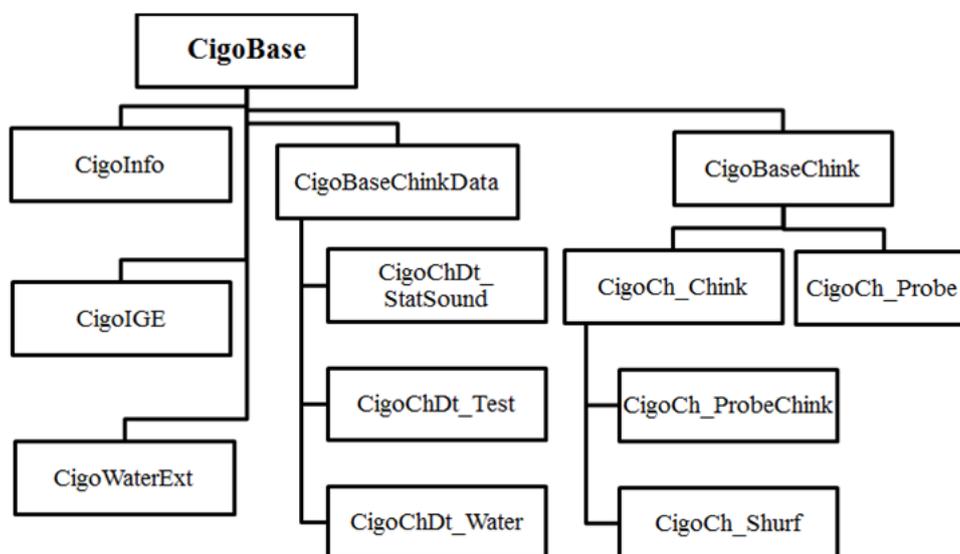


Рис. 2. Пример иерархии классов, обеспечивающей хранения необходимых для программы данных

Анализ предметной области показал, что подобные иерархические структуры для хранения геологических и геофизических данных возможно создавать с применением парадигмы ООП. Реализацию подобной структуры использование основных принципов ООП существенно облегчает, так как:

- наследование позволяет создавать уточняющие классы на базе других, более общих;
- инкапсуляция позволяет объединить сами геологические и геофизические данные с методами, необходимыми для их сопровождения и обеспечения корректности, а также скрыть служебные внутренние поля и методы;
- полиморфизм, использование виртуальных и абстрактных методов, обеспечивают «вариативность» данных в зависимости от конкретных задач.

Использование для хранения данных классов позволяет организовать удобную и эффективную передачу данных в различные модули для их отображения в разных форматах, что также важно в случае с геологическими и геофизическими программами.

Литература.

1. Кузяков О.Н., Ахмадулин Р.К. Информационные технологии в учебном процессе кафедры Кибернетических систем // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 203-208.
2. Ахмадулин Р.К. Автоматизация мониторинга посещаемости студентами занятий и сдачи задолженностей в ИГиН // Геология и нефтегазоносность западно-сибирского мегабассейна (опыт, инновации): Материалы Восьмой Всероссийской научно-технической конференции (посвященной 100-летию со дня рождения Муравленко Виктора Ивановича), 24 декабря 2012 года – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – с. 257-259.
3. Бакановская Л.Н., Мокиева Н.С. Создание АРМ технолога для проектирования технологического процесса // Программные продукты и системы. – 2009. – № 4. – С. 52.
4. Бакановская Л.Н., Мокиева Н.С. Компьютерные технологии при решении задач технической подготовки производства // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010. – № 2. – С. 90-93.
5. Бакановская Л.Н. Математическое моделирование технологической подготовки производства с использованием некоторых моделей дискретной оптимизации // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – С. 74-77.
6. Туренко С.К. Компьютерная технология оптимизации полевых геофизических исследований на нефть и газ (на примере сейсморазведки): Автореф. ... дис. д-ра тех. наук. – М., 1995. – 36 с.

7. Дмитриев А.Н. Перспективность применения электроразведочного метода ЗСБ для поисков месторождений нефти и газа в осадочно-терригенных отложениях Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – №3. – С. 252-259.
8. Ахмадулин Р.К. Опыт применения принципов объектно-ориентированного программирования при разработке приложений в геологии и геофизике // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 38-42.
9. Туренко С.К., Аксарин М.Ю., Морозов М.В., Пархимович Р.В. Информационная система хранения, обработки и анализа инженерно-геологической информации // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2008. – №5. – С. 12-20.
10. Ахмадулин Р.К., Морозов М.В., Туренко С.К. Программа для локального ввода данных для АС ИНЖГИ // Кристаллы творчества: Материалы докладов Студенческой академии наук. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – С. 300-303.
11. Ахмадулин Р.К., Дмитриев А.Н. Реализация программы для решения обратной задачи метода ЗСБ с графическим интерфейсом на базе существующего функционала // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы Международной научной технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича. Т.1. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 73-76.
12. Мокеева Н.С., Бакановская Л.Н. Разработка программного модуля автоматизированной системы проектирования технологического процесса // Молодой учёный. – 2009. – № 3. – С. 38-41.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОНСТРУКТОРА

А.С. Биктимиров, сотрудник ООО ЮТИ, М.В. Момот, к.т.н, доц.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. +7 (38451)7-77-62

E-mail: arthurmetallist@rambler.ru

Развитие научно-технического прогресса не стоит на месте во всех сферах деятельности, включая и индустрию детских развивающих игрушек. Компьютеризация и автоматизация активно внедряются в область детских электронных конструкторов, самый известный из которых - это LEGO MINDSTORMS (рисунок 1). В его состав входят электронные компоненты (серводвигатели, различные датчики) и соединительные элементы, сочетание которых при сборке моделей конструктора позволяет собирать функционирующие роботы, способных выполнять определенные действия в результате программирования [1]. Такие конструкторы как LEGO MINDSTORMS позволяют получать навыки в области робототехники, конструирования, механики, электроники и программирования с раннего возраста у детей, создавая тем самым основу для дальнейшей научно-технической базы. Главные недостатки LEGO MINDSTORMS - это его высокая рыночная стоимость (порядка 26 тысяч рублей), дорогостоящая замена электронных компонентов в случае их поломки, ограниченность сборки функционирующих моделей в связи с небольшим количеством датчиков и серводвигателей.



Рис. 1. Конструктор LEGO MINDSTORMS [1]

Для решения представленных недостатков предлагается разработка нового программируемого конструктора на основе программно-электронной среды Arduino. Из одного набора такого робототехнического конструктора можно будет собирать шесть базовых моделей, таких как: робот-собака,

робот-паук, манипулятор с захватным устройством, робот-гуманоид, робот на колесной платформе, механическая модель человеческой руки. Комбинируя прилагаемые для сборки детали и электронные компоненты количество возможных собираемых моделей увеличивается в разы. Управление собранными роботами будет осуществляться двумя способами: загрузкой управляющей программы на микроконтроллер Arduino, выполняющего роль "мозга" конструктора, либо при помощи передачи данных по беспроводному каналу Bluetooth через микроконтроллер Arduino с мобильного устройства на базе операционных систем Android и Windows (смартфон, планшет, ноутбук).

В массив программного управляющего кода могут включаться функции для определения расстояния до объекта (ультразвуковой датчик), цвета объекта (фотодиоды, сенсор цвета), положения модели конструктора в пространстве (гироскоп и гирокомпас), передачи звукового (динамик) и светового (светодиоды) сигналов, и непосредственно для перемещения механических звеньев собранного робота (серводвигатели и электродвигатели). Ниже, в качестве примера, представлена часть программного кода для взаимодействия ультразвукового сенсора и светодиода:

```
{
digitalWrite(Trig, HIGH); // Подача импульса на вход trig ультразвукового сенсора
delayMicroseconds(10); // Импульс длиной 10 микросекунд
digitalWrite(Trig, LOW); // Отключение
impulseTime=pulseIn(Echo, HIGH); // Измерение длины импульса
distance_sm=impulseTime/58; // Перевод расстояния в сантиметры
Serial.println(distance_sm); // Вывод на порт
if (distance_sm<20) // Если расстояние до объекта меньше 20 сантиметров
{
digitalWrite(ledPin, HIGH); // Светодиод горит
}
else
{
digitalWrite(ledPin, LOW); // В противном случае светодиод не горит
}
}.
```

Программная и электронная среда Arduino, используемая в разрабатываемом конструкторе, это инструмент для проектирования электронных устройств, более плотно взаимодействующих с окружающей средой, чем стандартные персональные компьютеры. Это платформа, предназначенная для "physical computing" с открытым программным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере. [2]

Сборочные элементы разрабатываемого электронного конструктора изготавливаются из цветного АБС-пластика методом печати на 3D-принтере, соединяются между собой при помощи винтов и специальных пазов. Питание электроники осуществляется при помощи двух литий-ионных аккумуляторов напряжением 3,7 В каждый. Управлять по беспроводному каналу Bluetooth позволяет подключаемый к Arduino приемо-передатчик Bluetooth. Рассмотрим более подробно устройство и состав двух моделей конструктора.

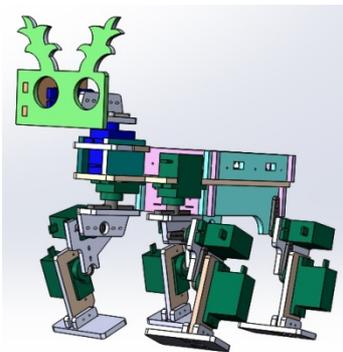


Рис. 2. Модель робота-собаки

Модель робота-собаки (рисунок 2) включает в себя 14 серводвигателей, ультразвуковой датчик, динамик, гироскоп. Запрограммировав эту модель, можно "научить" ее передвигаться вперед/назад, видеть и обходить препятствия, садиться на пол, реагировать при помощи звуковых сигналов на объекты.

Модель робота на колесной платформе (рисунок 3) включает два электродвигателя, комплект из светодиодов и фотодиодов для ориентирования в пространстве, ультразвуковой датчик, цветные светодиоды, используемые в качестве декоративной подсветки. Данный робот может принимать участие в робототехнических соревнованиях по таким дисциплинам, как прохождение лабиринта, сбивание цветных кегель на время, битве роботов и пр. При под-

ключении модуля Bluetooth таким роботом можно управлять с мобильного устройства, осуществляя движения вперед/назад/поворот с различной скоростью, включать и выключать светодиоды.

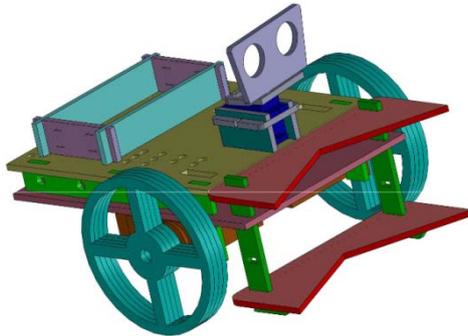


Рис. 3. Модель робота на колесной платформе

Данный электронный робототехнический конструктор является универсальным, позволяя собирать и программировать на базе одного набора большое количество различных моделей роботов, комбинируя практически неограниченное количество разнообразных датчиков и двигателей. Главным недостатком такого конструктора является написание довольно большого и сложного программного управляющего кода, хотя наличие готовых библиотек в базе среды Arduino и обучающих уроков по ее непосредственному программированию позволяют частично компенсировать этот недостаток.

Литература.

1. Конструктор LEGO MINDSTORMS.- Электронный ресурс: <http://www.lego.com/ru-ru/mindstorms>
2. Что такое Arduino.- Электронный ресурс: <http://arduino.ru/About>.

ОБЗОР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

*О.А. Колегова, специалист по УМР каф. ИС, А.А. Захарова, Зав. кафедрой ИС
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7-77-64
E-mail: Olga030188@mail.ru*

Введение

Инновационная деятельность предприятий высокотехнологичных отраслей обеспечивает устойчивый рост экономической системы за счет широкого внедрения ведущих наукоемких технологий и создания высокотехнологичной продукции с высоким уровнем затрат интеллектуального труда. Вместе с тем данный вид деятельности сопряжен с риском в большей степени, чем другие виды деятельности. Это объясняется сложностью технологии изготовления изделия, ограниченностью ресурсов, сложностью точного определения сроков реализации инновационных проектов вследствие влияния различных внешних факторов.

Министерством образования и науки РФ были определены приоритетные направления развития науки, техники и критических технологий в различных областях экономики, среди которых технологии информационных, управляющих, навигационных систем ИТ-отрасли являются одними из наиболее перспективных инновационных направлений развития, т.к. результаты работы данной отрасли активно используются в других секторах экономики [1].

Процесс создания высокотехнологичной продукции включает в себя совокупность проектов, организованных в высокотехнологичную программу.

Высокотехнологичная программа представляет собой комплекс взаимосвязанных проектов, образующих комплекс бизнес-процессов, направленных на обеспечение эффективности решения научно-технических задач в рамках установленного времени и с учетом ограниченных ресурсов.

Управление высокотехнологичными программами представляет собой комплекс инструментов, методов, методологий, ресурсов и процедур для координированного управления взаимосвязанными проектами с целью обеспечения достижения общих стратегических целей программы, для ка-

чественного и эффективного осуществления которой необходимо использование современных программных средств [2].

Управление высокотехнологичными программами осложнено рядом проблем.

Во-первых, инновационный вид деятельности сопряжен с риском в большей степени, чем другие виды деятельности [2]. Это объясняется тем, что высокотехнологичные программы реализуются в сфере сложных технических систем и производство высокотехнологичной продукции сопряжено с определенными трудностями, такими как сложность технологии изготовления изделия, большой объем документооборота, ограниченность ресурсов, постоянный мониторинг со стороны отраслевых министерств, сложность точного определения сроков реализации инновационных проектов вследствие влияния внешних факторов. Такие проекты не поддаются хорошо структурированным методам проектирования в силу того, что они отличаются наукоемкостью, высоким уровнем технических рисков и непредсказуемостью результатов, вследствие влияния различных внешних факторов. При планировании и реализации высокотехнологичных программ возникает необходимость решать множество слабоформализованных задач, для решения которых требуются экспертные, интеллектуальные методы обработки информации [3].

Во-вторых, управление программами также осложняется наличием нескольких участников проектной деятельности, в том числе и территориально удаленных, что затрудняет процесс эффективного управления и приводит к возникновению коммуникационных барьеров. Отсутствие эффективного взаимодействия между участниками программы способствует значительному замедлению сроков реализации программы, ухудшению качества, дополнительным издержкам.

Таким образом, возникает актуальная потребность в разработке инструментальных средств поддержки при решении слабоформализованных задач, возникающих в процессе управлению сложной высокотехнологичной программой, для повышения эффективности коммуникаций участников программы и в целом качества реализации программы.

Обзор существующих систем управления проектами

Для решения поставленной проблемы наиболее часто используют системы класса PPM. Согласно аналитическим исследованиям на сегодняшний день рынок информационных систем управления проектами и портфелями является достаточно стабильным и зрелым. На рынке присутствует огромное количество решений класса PPM (Project Portfolio Management - Систем управления проектами) от простых систем для управления проектами небольшой компании до мощных инструментов ранжирования проектов, планирования, управления и реализации проектов, программ и портфелей проектов.

Исследования одной из самых авторитетных международных аналитических компаний, специализирующейся на исследованиях рынков информационных технологий, Gartner позволяют проследить тенденции, складывающиеся на рынке программного обеспечения в области проектного управления. Согласно многолетним исследованиям данной аналитической компании на протяжении 10 лет среди основных игроков рынка информационных систем управления проектами являются следующие решения класса PPM:

– CA Clarity PPM – современное PPM решение, включающее комплекс программных приложений, обеспечивающих базу для комплексного управления корпоративными ИТ-ресурсами за счет создания единой информационно-аналитической системы стратегического планирования и управления ИТ-услугами.

Очевидными преимуществами данного программного продукта являются высокая функциональность рабочего места руководителя, быстрая адаптация пользователей благодаря наличию большого количества настраиваемых средств организации эффективной работы. Система обладает гибкими возможностями конфигурирования. Наряду с обеспечением планирования программ и портфелей, данное PPM решение предоставляет инструменты мониторинга, контроля и планирования ИТ-ресурсов на уровне руководителей предприятий и функциональных подразделений.

Среди недостатков данной системы можно выделить наличие функциональных ограничений системы генерации отчетов, обусловленных необходимостью использования инструментария других фирм, а также недостаточная поддержка пользователей.

– HP Project and Portfolio Management – комплексное гибкое решение для управления программами и портфелями проектов, позволяющее рационально управлять ресурсами и финансами в рамках компании, обеспечивать своевременное выполнение проектов и определять приоритетность инвестирования в ИТ.

Преимуществами данного решения является наличие инструментов наиболее полно охватывающих процессы проектного и портфельного управления вместе с процессами управления других интегрируемых программных приложений.

Среди недостатков данной системы можно выделить, как и в случае рассматриваемого выше решения PPM, наличие функциональных ограничений системы генерации отчетов и не достаточно отвечающий требованиям современных компаний уровень управления финансовыми операциями.

Oracle Primavera Portfolio Management – одно из самых лучших и надежных PPM решений для автоматизации процессов стратегического управления программ и портфелей проектов, обеспечивающее возможность масштабирования и расширенной модификации конфигурации, а также обладающее уникальной функциональностью. Достаточно высокий уровень безопасности и адаптивный пользовательский интерфейс позволили данному программному продукту стать лучшим среди аналогичных PPM решений для взаимодействия участников проекта в единой информационной среде [4].

Важнейшим преимуществом данного программного решения в отличие от других подобных PPM решений является высокий уровень зрелости планирования программ и портфелей проектов и высокая степень интеграции процессов проектного и портфельного управления. Еще одним достоинством данного программного продукта является расширенная и гибкая система защиты информации.

Одной из недоработок программного продукта является отсутствие интеграции между данным PPM решением и другими программными приложениями Oracle, поддерживающими ИТ-процессы.

Microsoft Enterprise Project Management (EPM) – эффективное PPM решение, разработанное в соответствии с международными стандартами в области управления проектами, обеспечивающее поддержку планирования и контроля выполнения проектных работ, управления ресурсами и ведения отчетности, востребованное на всех этапах управления проектами. Одним из главных достоинств данного решения является достаточно развитая функциональность управления портфелями [5].

На международном рынке инструментов PPM наряду с ведущими системами автоматизации проектного и портфельного управления существуют множество других решений класса PPM таких как, например, Planview, Innotas, Wrike и Bascamp и др.

В настоящий момент нет достоверных статистических данных по доле использования отечественными компаниями решений на платформе PPM, однако среди лидеров отечественного рынка программных продуктов и приложений по управлению программами и портфелями проектов представлены те же ведущие системы управления проектами, что и на мировом рынке.

Стоит отметить, что решение Microsoft Enterprise Project Management у российских заказчиков на сегодняшний день пользуется наибольшей популярностью как эффективная интегрированная среда для управления проектами, программами и портфелями проектов, планирования инвестиционного портфеля организации и управления инновациями.

Анализ данных российского аналитического агентства TAdviser в области проектного управления показывает, что за последние несколько лет на рынке систем управления проектами помимо ведущих зарубежных систем автоматизации проектного и портфельного управления внедряются отечественные разработки, такие как Spider Project, Проектная интеграция (управление проектом), 1С:PM Управление проектами, в том числе, ориентированные на облачные вычисления – Адванта облачная система управления проектами и др [6].

Любое из решений на платформе PPM – это гибкий и полезный инструмент, с помощью которого управление проектами и программами становится намного проще и эффективнее.

Все перечисленные системы управления являются передовыми решениями в области проектного и портфельного управления и предназначены для различных типов компаний в зависимости от их масштаба и типов выполняемых задач. Мощные инструменты PPM внедряются в достаточно больших компаниях, где руководство четко понимает необходимость поддержки современных бизнес-процессов с помощью использования информационных систем управления. Среди существующих программных продуктов решение Microsoft Enterprise Project Management является наиболее оптимальным как по функциональному наполнению, так и по ценовой категории.

Обзор наиболее популярных информационных системах по управлению проектами показал, что в существующих системах класса PPM автоматизированы основные процессы для полноценного профессионального управления проектами и программами: обеспечение документооборота, управление жизненным циклом (ЖЦ) проекта, календарно-ресурсное планирование, бюджетное планирование, мониторинг состояния работ проекта с построением диаграмм Ганта, построение гистограмм и графиков требуемых ресурсов, линейное и сетевое моделирование и планирование проектов и про-

грамм, управление рисками и т.д. Однако в системах класса PPM при управлении бизнес-процессами проектов не рассматриваются многие условия и факторы, возникающие в условиях неопределенности внешней среды, что в конечном итоге становится следствием некорректного отображения реальной среды, в которой осуществляются процессы управления проектами и программами.

Заключение

Несмотря на такое разнообразие инструментов управления проектами, в программных продуктах недостаточно автоматизирован процесс поддержки при решении слабо формализованных задач по управлению высокотехнологичными программами, возникающих в условиях высокого уровня технических рисков и неопределенности. В связи с этим возникает необходимость использования наряду с системами класса PPM модельного инструментария для прогнозно-аналитического управления высокотехнологичной программой.

Литература.

1. Приказ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/33514>.
2. Tceplit, A. Grigoreva, Y. Osipov, Developing the Model for Assessing the Competitiveness of Innovative Engineering Products, Applied Mechanics and Materials Volume. 682 (2014) 623-630.
3. E.V. Telipenko, A.A. Zakharova, Bankruptcy Risk Management of a Machine Builder, Applied Mechanics and Materials, 682 (2014) 617-622.
4. Oracle Primavera Enterprise Project Portfolio Management [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Oracle_Primavera_P6_Enterprise_Project_Portfolio_Management_EPPM.
5. Microsoft Enterprise Project Management (EPM) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Microsoft_Enterprise_Project_Management:Microsoft_Enterprise_Project_Management_\(EPM\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Microsoft_Enterprise_Project_Management:Microsoft_Enterprise_Project_Management_(EPM)).
6. Системы управления проектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.tadviser.ru/index.php?title=Системы_управления_проектами&cache=no&ptype=system#ttop.

ВОПРОСЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА УЧЕТА И АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЮТИ ТПУ

Е.В. Молнина, старший преподаватель кафедры ИС ЮТИ ТПУ

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-77764

E-mail: molnina@list.ru

Сегодня в образовании происходят фундаментальные изменения и отход от традиционных форм обучения, действующих систем образования. Стремительно создаются новые формы образовательных организаций, такие как корпоративные университеты, платформы и курсы массового открытого онлайн-обучения (МООС).

Традиционные университеты пересматривают свою политику, осмысливая возможности привлечения нового контингента как студентов, так и преподавателей, видят в технологиях электронного обучения серьезный фактор подстройки образовательного процесса к потребностям современного преподавателя и учащегося, живущих в мире Интернет-технологий.

Настоящий педагог всегда развивается, учится. На современном этапе развития высшей школы все серьезнее ставится вопрос об уровне компетентности преподавателя, сочетающего в себе практика, исследователя и педагога. Настоящий преподаватель всегда развивается, учится. Задача научно-педагогических работников (НПР) ТПУ – развитие комплекса профессиональных компетенций преподавателя, в том числе компетенций, соответствующих требованиям «Паспорта преподавателя ТПУ» (<http://portal.tpu.ru/departments/head/education/nms/2010/dec2010/Tab1/20.12.2010.pdf>):

□ способность реализовывать основные образовательные программы на уровне, отвечающем требованиям ФГОС ВПО;

□ способность организовывать учебный процесс в лично-ориентированной образовательной среде;

способность разрабатывать и применять современные образовательные технологии, выбирать оптимальные стратегии преподавания и цели обучения, создавать творческую атмосферу образовательного процесса;

способность выявлять взаимосвязи научно-исследовательского и учебного процессов в высшей школе, использовать результаты научных исследований для совершенствования образовательного процесса,

готовность преподавателей к деятельности в условиях реализации технологий смешанного и онлайн-обучения.

«Паспорт преподавателя ТПУ», программа переподготовки «Преподаватель высшей школы» (http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/iped/educ_prog/PrepodavatelVSH), государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки для квалификации «Преподаватель высшей школы» (<http://elementy.ru/library9/treb.htm>), «План мероприятий по развитию электронного обучения в ТПУ «Дорожная карта», «Положение об электронном обучении в ТПУ» – вот неполный перечень нормативных документов и программ, которые сопровождают сегодня деятельность профессорско-преподавательского состава (ППС) ТПУ в сфере профессионального роста и электронного обучения [1].

Преподавателю высшей школы приходится переосмысливать свои наработанные методики, т.к. в аудитории у него сидят студенты – зеты. Поколение Z, рождённое в период последнего десятилетия прошлого столетия и до 2010 года нашего века называют цифровыми людьми. Необходимо не просто подстраиваться, а использовать преимущества этого поколения. Все особенности обучения цифрового человека можно учесть только в электронной образовательной среде.

В российском образовании электронное обучение (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) получили нормативное закрепление в новом Законе об Образовании (ФЗ-273, ст. 16). В настоящий момент сформирована нормативная база, позволяющая российским ВУЗам использовать ЭО в любых формах обучения, уровнях образования и в любых объемах (вузы имеют право замещать аудиторные занятия взаимодействием в электронной среде).

В становлении системы ЭО ТПУ видит так же дополнительные возможности реализации целевых показателей университета. Развитие ЭО работает на следующие показатели Программы развития ТПУ [2,4]:

1) развитие научной деятельности за счет высвобождения преподавателя от части аудиторной нагрузки;

2) увеличение доли иностранных студентов за счет предложения программ онлайн всех форм обучения, в том числе и дополнительного образования;

3) привлечение зарубежных преподавателей к преподаванию в ТПУ через систему ЭО;

4) увеличение доли магистрантов за счет программ в формате онлайн обучения.

Состояние системы ЭО подвергнуто серьезному анализу со стороны ректората ТПУ. Ректор Национального исследовательского Томского политехнического университета, профессор П.С. Чубик обращает внимание на то, что «..сегодня вектор государственной поддержки науки максимально направлен на топовые российские университеты – группу непосредственных участников проекта «5-100». Цель Проекта 5-100 – максимизация конкурентной позиции группы ведущих российских университетов на глобальном рынке образовательных услуг и исследовательских программ». Старт Проекту 5-100 был дан в мае 2013 года в соответствии с положениями Указа № 599 Президента Российской Федерации «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки». 15 ВУЗов борются за то, чтобы к 2020 году оказаться в числе мировых лидеров. На сайте Министерства образования и науки Российской Федерации можно отслеживать события данного проекта (<http://5top100.ru/>). Каждый ВУЗ имеет план мероприятий («Дорожная карта» [1]) по реализации программы повышения конкурентоспособности университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

В связи с включением ТПУ в число участников программы поддержки ведущих университетов в целях повышения их конкурентоспособности среди мировых научно-образовательных центров ЭО начинает играть ключевую роль. ТПУ ориентируется на самые современные образовательные практики.

Для реализации подхода к ЭО как к единому бизнес-процессу принято решение о создании в ТПУ Института электронного обучения (ИнЭО). Институтом электронного обучения разработан план мероприятий развития ЭО в ТПУ [2,4] на период 2014-2020 гг., в котором определены три стратегические инициативы:

формирование и развитие инфраструктуры ЭО;

□ реформирование учебного процесса на основе технологий ЭО с ориентацией на smart-образование;

□ организация внешнего партнерства в области ЭО.

Smart education – это объединение учебных заведений и профессорско-преподавательского состава для осуществления совместной образовательной деятельности в сети Интернет на базе общих стандартов, соглашений и технологий [3]. То есть речь идет о совместном создании и использовании контента, о совместном обучении. Примером тому может служить проект следующего десятилетия в европейской системе образования – Единый европейский университет с общим деканатом, который будет сопровождать перемещение студентов от вуза к вузу. Болонский процесс дает вузам возможность принимать студентов без переэкзаменовки, создавая, таким образом, Smart education system для Европы. Единый европейский университет будет осуществлять коллективный процесс обучения с помощью единого общего репозитория учебных материалов.

Можно также сказать, что Smart education, или умное обучение, – это гибкое обучение в интерактивной образовательной среде с помощью контента со всего мира, находящегося в свободном доступе. Ключ к пониманию Smart education – широкая доступность.

Занимаясь внедрением в образовательный процесс современных информационно-коммуникационных технологий, Институт электронного обучения призван решать задачи повышения качества обучения, расширения контингента студентов, а также повышения конкурентоспособности ТПУ в мировом образовательном пространстве.

История развития ЭО в университете рассмотрена в [4].

Сегодня мы находимся в пределах третьего этапа развития ЭО в ТПУ (начиная с 2013-2014 гг.). Это этап осознания неразрывности развития ЭО и стратегии развития ТПУ как одной из ведущих мировых образовательных школ.

ЮТИ необходимо быть активным участником процесса развития системы ЭО головного ВУ-За. Назрела задача оперативного учёта и анализа данного процесса, разработки его информационного сопровождения, что позволит филиалу реагировать на все вызовы внешней и внутренней среды. Исследована следующая информация предметной области:

- нормативная база процесса;
- реализация подхода к ЭО как к единому бизнес-процессу;
- организационно-педагогическое сопровождение: сущность, субъекты и их функции;
- стратегии развития электронного обучения в ТПУ и ЮТИ;
- функциональные возможности LMS Moodle др.

Исследован документооборот процесса учета и анализа развития ЭО в ЮТИ (рис.1).

Процесс учета и анализа развития ЭО в ЮТИ можно разбить на три основных потока данных:

- 1) данные процесса взаимодействия ЮТИ с ИнЭО ТПУ;
- 2) данные процесса учета и анализа обеспеченности всего учебного процесса, дисциплин учебных планов и направлений в ЮТИ электронными курсами, анализа развития ЭО;
- 3) данные для мониторинга процесса повышения квалификации ППС по ЭО и ИКТ, обучение, сопровождение и оценка компетенций ППС.

Проблемы процесса заключаются:

□ в относительной новизне потоков данных. Организационные вопросы решаются «на ходу», технологии обработки данных по ЭО только закладываются, создаются новые структуры, подразделения, распределяются должностные обязанности, назначаются ответственные за ЭО и пр.;

□ в отсутствии автоматизации процесса учета данных по развитию ЭО. Сотрудники используют программные продукты MS Office, сервисы и документы Google;

□ в отсутствии анализа данных по развитию ЭО в ЮТИ. Сотрудниками ИнЭО ежегодно проводятся опросы, анализируется статистика в целом по ТПУ, но нет информации о каждой кафедре ЮТИ, не определяется процент обеспеченности дисциплин ООП ЮТИ электронными курсами (ЭК);

□ в нестабильности поставленных задач, изменении сроков достижения заданного порога (процента) обеспеченности дисциплин ООП ЮТИ электронными курсами и др.

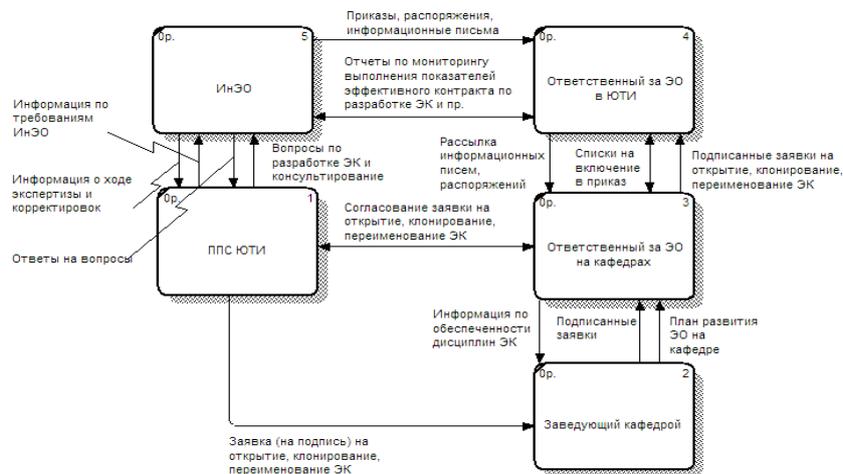


Рис. 1. Схема документооборота процесса взаимодействия ЮТИ с ИнЭО ТПУ

Сделан вывод о том, что учет и анализ развития ЭО в ЮТИ ТПУ должен вестись через информационную систему. Автоматизация рутинного процесса позволит решить вышеназванные проблемы и значительно ускорит выполнение программы по стратегии развития ЭО в ЮТИ ТПУ.

Стратегия развития электронного обучения в ТПУ и ЮТИ ТПУ предполагает обеспечение к 2020 г. до 80% дисциплин общеобразовательных программ электронными курсами, поддерживающими разные модели электронного обучения: обучение с веб-поддержкой, смешанное обучение и полное электронное обучение [4].

Модель 1. Обучение с веб-поддержкой предполагает, что до 30% времени по освоению дисциплины отводится на работу в электронном курсе. Электронная среда используется в дополнение к основному традиционному учебному процессу для организации СРС (электронные материалы для самоподготовки, подготовка к лабораторным работам с использованием виртуальных лабораторных комплексов, самотестирование и др.); проведения консультаций с использованием форумов и вебинаров; организации текущего и промежуточного контроля; организации проектной работы студентов в электронной среде. Согласно утвержденным показателям, к 2020 году 100% дисциплин ООП университета должны быть обеспечены электронными курсами. Но сегодня ставится новый рубеж – сто-процентное обеспечение в 2017 г.

Модель 2. Смешанное обучение (30–80% времени в электронной среде). Смешанное обучение представляет собой сочетание традиционного очного и электронного обучения. Именно смешанная форма обучения является приоритетной для развития ЭО в ТПУ, так как позволяет оптимизировать распределение временных затрат преподавателя, освободить его от части аудиторной нагрузки (в первую очередь, от части лекций) и высвободить до 30% времени на занятие научной и методической работой и, при этом, сохранить (в перспективе улучшить) качество обучения. Ключевым понятием смешанного обучения является понятие «flipped classroom» («перевернутый класс»), в рамках которого особое внимание уделяется как аспектам проектирования электронных курсов, так и аспектам организации учебного процесса. В весеннем семестре 2014 года в ТПУ организовано пилотирование технологии смешанного обучения по дисциплине «История России». К 2020 году доля дисциплин/модулей учебных планов бакалаврских ООП, преподаваемых по смешанной модели обучения должна была достичь 55%. Данный рубеж так же пересматривается.

Модель 3. Реализацию полного электронного обучения (более 80% в электронной среде) предлагается предложить в программах подготовки магистров. Это позволит работающим магистрантам обучаться без отрыва от производства в течение значительных периодов времени (от семестра до года). При реализации данной модели планируется использовать технологии Массовых открытых онлайн курсов. MOOCs – технологии массовых открытых, бесплатных онлайн курсов (от английского Massive Open Online Courses, MOOC). MOOK (русская аббревиатура) – массовый открытый онлайн курс. Характеристики:

- четкая организация материала и учебных мероприятий дисциплины, групповое взаимодействие, автоматизация контроля, идентификация личности студента и др.;
- Massive (массовые) – большое количество участников курса со всего мира;

- Open (открытый, бесплатный) – любой курс является бесплатным, и любой человек в любое время может присоединиться к нему;
- Online (онлайн) – все курсы находятся в открытом доступе в сети Интернет. В курсе используются как асинхронные, так и синхронные методы обучения;
- Course (курс). Каждый курс имеет свои правила, свою структуру и свои цели, которые могут трансформироваться для каждого участника.

Возможности MOOCs также должны войти в учебный процесс ТПУ.

В настоящее время разработаны два таких курса (<http://portal.tpu.ru/eL/e-course/MOOCs>, <http://portal.tpu.ru/eltpu/MOOC>). К 2020 году доля дисциплин, преподаваемых по модели полного электронного обучения должна достичь 50% по ООП подготовки магистров и 15% по ООП подготовки бакалавров. Таким образом, погружение студентов в технологии ЭО будет происходить постепенно: бакалаврские программы реализуются преимущественно с использованием технологий веб-поддержки и смешанного обучения, магистерские программы на основе технологий полного электронного обучения.

В ЮТИ и в ТПУ ЭО реализуется на базе LMS Moodle. Moodle – это система управления курсами (CMS), также известная как система управления обучением (LMS) или виртуальная обучающая среда (VLE). В ТПУ существует несколько серверов Moodle. Разработка новых электронных курсов в среде Moodle происходит на сервере <http://design.lms.tpu.ru> (версия Moodle 2.6). После разработки все курсы проходят экспертизу и переносятся на сервер эксплуатации <http://stud.lms.tpu.ru>. К ЭК подключаются студенты для работы.

В ЮТИ есть и собственный сервер Moodle <http://moodle.uti.tpu.ru:8080>. Разработка ЭК началась на его основе ещё в 2009 году. В настоящее время он обеспечивает более 100 дисциплин ООП различных направлений. Но в течении 2016-2017 года все ЭК переносятся (копируются, клонируются) на единый сервер разработки ИнЭО.

Весной 2016 г. состоялась встреча ИнЭО с ответственными за ЭО на кафедрах, где подводились итоги работы за 2015 г. Всего разработаны и прошли экспертизу на ноябрь 2015 г. 334 ЭК, в т.ч. по ООП бакалавров – 179 и магистров – 134. ЭК для довузовской подготовки – 2, ДОП – 19.

В 2015 году в ТПУ планировалось разрабатывать 180 ЭК, по факту в стадии разработки находилось 208. Из них ООП бакалавров – 135, магистров – 32, специалитета – 19; ЭК для аспирантуры – 2, довузовской подготовки – 2, ДОП – 18. ЮТИ на шестом месте по разработке ЭК: для ООП бакалавров – 19, магистров – 1, специалитета – 5. Из 208 разрабатываемых ЭК в ТПУ создавалось 170 по приказу на разработку ЭК, вне приказа – 38. В ЮТИ соответственно 16 и 9. Из 208 ЭК 180 разрабатывалось по модели обучения с Web-поддержкой, 23 по смешанному обучению и 5 по дистанционному. В ЮТИ все ЭК разрабатывались по модели с Web-поддержкой.

На ноябрь 2015 г разработаны и прошли экспертизу в ЮТИ 26 ЭК для бакалавриата и специалитета и 2 для магистратуры (рис.2).

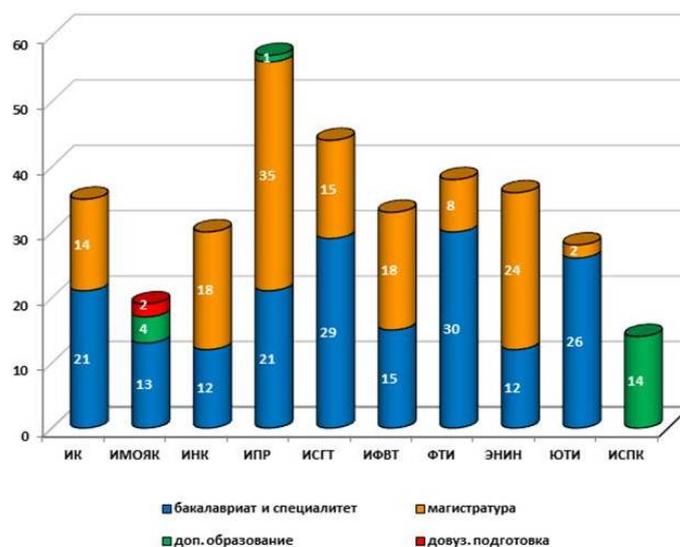


Рис. 2. ЭК, разработанные и прошедшие экспертизу на ноябрь 2015 г

Второй поток данных, анализ которых необходимо автоматизировать – это расчет процента обеспеченности учебного процесса ЭК для различных моделей обучения, направлений и уровней; наблюдение динамики развития ЭО и т.д.. Нужно заложить в алгоритме ИС инструмент планирования количества ЭК на учебный год, т.к. сроки достижения желаемого уровня могут меняться.

На сегодняшний день осуществляется вручную только учёт количественных характеристик. Но количество должно перерасти в качество. ИнЭО уже отбирает банк лучших практик (<http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=853>), лучшие образцы электронных курсов. Необходимо учитывать их и в ЮТИ, НПП делиться опытом, ответственным за ЭО организовывать методические семинары. Важно, что ИнЭО сегодня разрабатывает комплексный подход к мониторингу активности ЭК: переход от количественных критериев активности к качественным, анализ работы в курсе как студентов, так и преподавателей, общая оценка ЭК – сумма оценок по каждому критерию, математическая модель с учетом весовых коэффициентов различных критериев. Следовательно, эту информацию так же необходимо анализировать в системе.

Третий поток данных, как отмечалось выше, это учет и анализ квалификационных характеристик участников процесса, а так же информационная и методическая поддержка НПП в процессе разработки и эксплуатации ЭК.

С введением Федеральных государственных образовательных стандартов нового поколения (ФГОС 3+) применение технологий ЭО попадает в фокус аккредитационной политики Рособнадзора и требования к использованию технологий ЭО и ДОТ входят в программу государственной аккредитации ВУЗов. Ключевые требования при аккредитации: ведение электронного портфолио обучающегося и проведение всех видов занятий с использованием ЭО и ДОТ. Указаны и квалификационные требования к НПП, использующих технологии ЭО и ДОТ: не реже одного раза в три года 100% НПП и организаторов должны пройти курсы по программам информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) не менее 72 часов. Эти показатели тоже нужно отслеживать. Желательно учитывать так же все программы повышения квалификаций в ЮТИ по ЭО. Для информационной и методической поддержки НПП с ЭК в среде Moodle планируется разработать визуальные инструкции и путеводители. Для более эффективной организации процесса можно организовать в среде on-line тестирование НПП для допуска к разработке, экспертизе или эксплуатации ЭК. Для подготовки к тестированию НПП должны будут познакомиться с регламентирующими процесс ЭО документами. Таким образом, компетентность преподавателей в данной сфере будет расти.

Поставлена задача проектирования информационной системы учёта и анализа развития ЭО в ЮТИ, разработки алгоритма импорта-экспорта данных между ИС и средой Moodle, внедрение ИС в рабочий процесс ЮТИ до начала 2017 года.

Литература.

1. Нормативная база Федеральных и внутренних документов ТПУ, сопровождающих процесс ЭО. – Свободный доступ из сети Интернет. – Режим доступа: http://portal.tpu.ru:7777/eL/normative_base
2. Соловьев Михаил Александрович, Качин Сергей Ильич, Велединская Светлана Борисовна, Дорофеева Маргарита Юрьевна Стратегии развития электронного обучения в техническом вузе // Высшее образование в России . 2014. №6. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/strategii-razvitiya-elektronno-go-obucheniya-v-tehnicheskom-vuze> .
3. Smart-education: новый подход к развитию образования
Авторы: (МЭСИ) В.П. Тихомиров Н.В. Тихомирова. – Заглавие с экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: <http://www.elearningpro.ru/forum/topics/smart-education>
4. Материалы сайта ИнЭО. Режим доступа: portal.tpu.ru/portal/page/portal/eL
5. Психологические особенности поколения Z. Режим доступа: <http://vkus-uspeha.ru/2015/11/pokolenie-z-i-ego-psihologicheskie-osobennosti.html>
6. Молнина Е.В. Практика применения СЭУМК в образовательном процессе кафедры ИС ЮТИ ТПУ [Электронный ресурс] / Е. В. Молнина // Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции, 3-6 апреля 2012 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – [С. 201-203]. – Заглавие с экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2012/C09/089.pdf>.

СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

С.В. Разумников, ассистент, Д.А. Пранкевич, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-777-64
E-mail: demolove7@inbox.ru

Введение

Вопросы о количественных методах по учету факторов риска и неопределенности является одними из самых сложных. Такое положение возникает всегда, когда речь идет о первичных, наиболее часто встречающихся в жизни понятиях, о которых у каждого есть собственное мнение. Между тем изучение первичных понятий требует сложного понятийного аппарата. Почти такое же положение имеет место для инвестиционных ИТ-проектов. Положение усложняется тем, что теорию учета факторов неопределенности в расчёте эффективности нельзя считать завершённой, так что по некоторым вопросам у разных авторов имеются разные точки зрения. Не существует общей теории измерения финансового риска [1].

Положение усложняется тем, что теорию учета факторов неопределенности в расчёте эффективности нельзя считать завершённой, так что по некоторым вопросам разные авторы имеют разные точки зрения. Не существует общей теории измерения финансового риска. В условиях неопределенности ход реализации проекта не может быть описан однозначно. Необходимо учитывать, что возможны разные сценарии реализации проекта. Поэтому имеются два подхода к оценке эффективности проектов (как в целом сам проект, так и с точки зрения оценки отдельных его участников) в условиях неопределенности [2, 3].

При первом подходе, широко используемом на практике, в основу оценки закладывается один сформированный базовый сценарий реализации проекта и отвечающий ему денежный поток. После этого расчёт производится так, как если бы денежный поток проекта на самом деле был именно таким и детерминированным. Однако, чтобы получать правильные оценки эффективности, необходимо уметь в каждом случае правильно формировать базисный денежный поток. Соответствующие рекомендации можно обосновать, только базируясь на втором подходе к учёту факторов неопределенности – сценарному.

Структура критериев ожидаемого эффекта (способ агрегирования эффектов проекта, отвечающих разным сценариям) устанавливается аксиоматически, т.е. выводится из конкретно формулируемых требований, характеризующих, рациональное экономическое поведение экономических субъектов [5]. Если при рассмотрении информации о конкретном проекте покажется, что рациональное экономическое поведение должно описываться иначе, то необходимо изменить соответствующую систему аксиом и установить, какие критерии будут ей удовлетворять. Если же в подобной ситуации производится решение воспользоваться самостоятельно придуманным критерием или критерием, относящемся к другому виду неопределенности, то в подавляющем большинстве случаев это приведет к необоснованному выводу. Самодеятельность в этой сфере весьма опасна.

Сценарный подход к оценке эффективности ИТ-проектов

Принятый подход к оценке эффективности ИТ-проекта при наличии неопределенности требует детальной информации о сценариях реализации ИТ-проекта, а также степени возможности их осуществления и о значениях основных технико-экономических показателей ИТ-проекта при каждом из сценариев. Как необходимо понимать термин «степень возможности»? Это может быть вероятность сценария, а также что-то иное [4, 6]. Конкретизируем этот нечеткий термин и приведем примеры, которые показывают, что речь здесь идет не только о вероятностях, но и о широком круге количественных измерителей неопределенности.

Общую схему оценки ИТ-проектов в условиях неопределенности можно представить так:

1. Описывают все возможные сценарии реализации ИТ-проекта (или путем их перечисления, или в виде системы ограничений на значения параметров ИТ-проекта и внешней среды).
2. Исследуют, как происходит функционирование организационно-экономического механизма реализации ИТ-проекта при каждом сценарии, определяют (рассчитывают или задают аналитическими выражениями) моменты прекращения ИТ-проекта, которые отвечают этим сценариям, денежные потоки и обобщающие показатели эффективности. При этом в сценариях, в которых предусматриваются нештатные ситуации (стихийные бедствия, аварии, изменения рыночной конъюнктуры)

- юктуры и т. д.), учитывают соответствующие дополнительные затраты. Например, если при определенном сценарии не удастся погасить кредит, который был взят под государственную гарантию, то предусматривают возмещение таких потерь кредитора из бюджета государства [7].
3. Проверяют финансовую реализуемость ИТ-проекта [8]. При возникновении условий, которые нарушают реализуемость данного сценария, то его рассматривают как сопряженный с финансовым риском.
 4. Исходную информацию о факторах неопределенности представляют в количественной форме, которая выражает степень возможности проявления того или иного сценария. Например, ее можно выразить вероятностями таких сценариев или интервалами изменения этих вероятностей. Следует учитывать, что разные участники могут по-разному оценивать степень возможности проявления одного и того же сценария.
 5. Оценивают риск нереализуемости ИТ-проекта, который отражает степень возможности сценариев, при которых нарушаются условия для финансовой реализуемости ИТ-проекта. Наличие такого риска будет свидетельствовать о плохой проработке организационно-экономического механизма для реализации ИТ-проекта. Такой риск может быть устранен, для этого необходимо подробно описать условия для прекращения проекта, а также предусмотреть меры по обеспечению его реализуемости при временной нехватке денежных средств.
 6. По каждому сценарию определяют интегральный эффект (ЧДД) [9]. Премию за риск в ставке дисконта не учитывают! Это вытекает из того, что риск проявляется только в возможности осуществления неблагоприятного сценария, но если он уже осуществился, то соответствующие чистые доходы с учётом возникших потерь оценены точно и риск в них уже отражен. Таким образом, при таком подходе под ставкой дисконтирования следует понимать максимальную годовую доходность доступных и альтернативных безрисковых направлений инвестирования, а ставки дисконтирования при оценке реализуемости и эффективности ИТ-проекта становятся одинаковыми.
 7. Оценивают риск неэффективности ИТ-проекта, который отражает степень возможности сценариев, при которых интегральный эффект становится отрицательным, а также средний ущерб от реализации ИТ-проекта в случае его неэффективности. Здесь важно учитывать, что одной из причин неэффективности ИТ-проекта может быть его досрочное прекращение по финансовым причинам, которое сопряжено с убытками для инвесторов, кредиторов и государства.
 8. На основе показателей каждого сценария определяют обобщающие показатели ожидаемого эффекта. Основными показателями, которые используют для сравнения ИТ-проектов (или вариантов проекта) и выбора наилучшего из них, являются показатели ожидаемого интегрального эффекта. Эти же показатели можно использовать для обоснования рациональных размеров и форм страхования и резервирования.

Заключение

Показатель интегрального эффекта рассчитывается на основе всех возможных значений интегрального эффекта ИТ-проекта (отвечающих всем сценариям). В литературе есть рекомендации по расчету данного показателя. Однако часть из них относится к частным видам неопределенности (это, как правило, вероятностная неопределенность), другие же не обоснованы с точки зрения математики и таким образом могут привести к неправильным результатам. Для того чтобы используемые расчетные формулы привели к рациональным результатам, которые будут отвечать здравому смыслу, важно чтобы они соответствовали определенным требованиям, а именно аксиомам рационального поведения в экономике.

Литература

1. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Дело» АНХ. – 1104 с.
2. Лившиц С.В. О методологии оценки эффективности производственных инвестиционных проектов в российской переходной экономике // Экономика и экономические методы. 2004. Т. 40. № 3.
3. Балдин К.В., Управленческие решения: Учебник для вузов / Балдин К.В., Воробьев С.Н., Уткин В.Б.-7-е изд. – М.: Дашков и К, 2010. – 496 с.
4. Разумников С.В. Моделирование оценки рисков при использовании облачных ИТ-сервисов // Фундаментальные исследования. - 2014 - №. 5-1. - С. 39-43.
5. Разумников С.В. Использование метода линейного программирования для оценки эффективности применения облачных ИТ-сервисов // Приволжский научный вестник. - 2013 - №. 7(23). - С. 43-45.
6. Разумников С.В. Интегральная модель оценки эффективности и рисков облачных ИТ-сервисов для внедрения на предприятии // Фундаментальные исследования. - 2015 - №. 2-24. - С. 5362-5366.

7. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике: Учебник. 2-е изд. — М: МГУ им. М.В. Ломоносова, Издательство «Дело и сервис», 1999. — 368 с.
8. Колчанов В.Д., Кобко Л.И. Экономическая эффективность внедрения информационных технологий // Учеб.пособие, Москва 2006, с. 177.
9. Маслов А.В., Григорьева А.А. Математическое моделирование в экономике и управлении: Учебное пособие – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2007. – 264 с.

ОСОБЕННОСТИ НАПИСАНИЯ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ НА РАЗРАБОТКУ ЭМУЛЯТОРА

У.В. Лаптева, ст. преподаватель, А.В. Романенко, студент гр. УТСб-12

Тюменский государственный нефтегазовый университет

625000, г. Тюмень ул. Володарского, 38, тел. (3452)28-3022

Как известно разработка любой автоматизированной системы управления начинается с процесса сбора и анализа информации в рассматриваемой предметной области, а на основе собранной информации формулируется задача на разработку. При реализации автоматизированных систем управления (АСУ) любого класса для постановки задачи на разработку из имеющейся нормативно-технической документации (НТД) рекомендуется пользоваться либо ГОСТ 34.603 – 92, либо ГОСТ 34.698 – 90. Применение этих нормативных документов проблематично при написании задания на разработку такого класса систем, как эмулятор, так как:

- 1) Эмуляторы – это не системы автоматизации производственных (технических) процессов, для которых техническое задание предусматривает некоторые пункты раздела «виды обеспечения» (н-р, техническое, метрологическое и т.д.), так как рекомендации, указанные стандартом, требуют большой переработки, так как они не применимы для написания задания на разработку эмулятора.
- 2) Эмуляторы – это и не информационные системы, так как их реализация не всегда предусматривает наличие базы данных и больших объемов обработки информации. Иногда в качестве входных и выходных данных эмуляторов будет унарный символ, поэтому некоторые пункты разделов ГОСТ 34.698 – 90 описания входных/выходные данные невозможно учесть.

Таким образом, при написании задачи на разработку эмулятора целесообразнее выполнить симбиоз ГОСТ 34.603 -92 и ГОСТ 34.698 – 90.

В данной работе рассмотрены проблемы и пути их решения при написании задания на разработку эмулятора фазы лексического анализа процесса компиляции. За основу взят документ ГОСТ 34.698 – 90. Первый пункт связан с написанием характеристики комплекса задач. Здесь рекомендуется описывать: наименование программы, сокращенное название, целевая задача и функции, необходимые для решения поставленной задачи.

В работе данный пункт прописывается следующим образом:

Наименование программы: Эмулятор фазы лексического анализа процесса компиляции

Сокращенное название: ЛексАн

Целевая задача: формирование дескрипторного текста

Далее дается только перечисление функций необходимых для решения поставленной задачи, а пояснения каждой функции приводится ниже по тексту и раскрывает семантику функции.

Например:

Для решения поставленной цели программа должна выполнять следующие функции:

- чтение кода программы из файла;
 - форматирование кода исходной программы;
 - заполнение таблиц лексем;
 - составление дескрипторного текста;
 - сохранение дескрипторного текста и таблиц лексем в файл.
- а) Чтение кода программы из файла. Программа читает код исходной программы, разбивая на лексемы и записывает каждую лексему в массив;
 - б) Форматирование кода исходной программы. Удаляет в исходном коде программы все комментарии пользователя, если они есть;
 - в) Заполнение таблиц лексем. Текст исходной программы разбивается на лексемы, которые записываются в соответствующие таблицы;

- г) Составление дескрипторного текста. Данный этап заключается в присвоении каждой лексеме уникального кода, который состоит из идентификатора таблицы и порядкового номера лексем в этой таблице, что и образует дескрипторную пару;
- д) Сохранение дескрипторного текста и таблиц лексем. Сохранение происходит в файл с расширением .txt.

Следующие два пункта постановки задачи связаны с описанием выходных и входных данных. Для выходных данных необходимо описать данные, которые могут состоять из результатов, выводимых на экран и записывающихся в документ. В подпункте визуализация результатов необходимо указать наименование, идентификатор выходного сообщения, содержащего структурную единицу информации, требования к точности и надежности вычисления для всех данных.

Если с наименованием выходного сообщения не возникает сложностей, то из руководящего документа, например, не очевидно, что идентификатор выходного сообщения, содержащего структурную единицу информации, необходимо обозначать символами латинского начертания, а не кириллического и стараться не использовать в имени идентификатора цифр, так как это может привести к некорректному восстановлению данных в случае возникновения сбойных ситуаций.

Например:

- а) Визуализация результатов-вывод результата на экран
 - 1) наименование: keyword;
идентификатор выходного сообщения, содержащего структурную единицу информации: ключевые слова;
требования к точности и надежности вычисления: обеспечивается корректным распределением лексем по соответствующим таблицам лексем.
 - 2) наименование: delimer;
идентификатор выходного сообщения, содержащего структурную единицу информации: разделители;
требования к точности и надежности вычисления: обеспечивается корректным распределением лексем по соответствующим таблицам лексем.

А для подпункта предоставление информации в документе необходимо описать: идентификатор, форму представления сообщения и требования к ней, периодичность выдачи, сроки выдачи, допустимое время задержки решения, получателя и назначение выходной информации. Например,

- б) Представление информации в документе
 - 1) идентификатор: таблицы лексем;
форму представления сообщения и требования к ней: документ;
периодичность выдачи: по требованию пользователя;
сроки выдачи: по запросу;
допустимое время задержки решения: нет факторов, влияющих на задержку;
получатель: пользователь;
назначение выходной информации: демонстрация результата с возможностью сохранения.

Пункт входные данные не разделяет данные на несколько типов и описывает наименование, источник информации, идентификатор источника информации данных и, если необходимо пример вида входной информации. Пример:

- 1) Наименование: исходный код программы;
источник информации: пользователь;
идентификатор источника информации: в переменной inputd хранить путь к файлу с исходным текстом программы.

Пример содержания документа:

```
Var  
a , b : integer ;  
begin  
a := b + 2 ;  
end .
```

Литература.

1. Ахо А, Сети Р., Ульман Д. Компиляторы: принципы, технологии инструменты. : Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс» , 2003. - 768 с.:ил. ISBN5-8459-0189-8(рус), ББК 32.973.26.-018.2.75
2. Карпов В.Э. Теория компиляторов. Учебное пособие — Московский государственный институт электроники и математики. М., 2001. – 79 с

3. Метод реализации линейного анализатора компилятора. Романенко А. В., КРИСТАЛЛЫ ТВОРЧЕСТВА. Материалы докладов студенческой академии наук. Т. 2. / ТюмГНГУ; под общ. ред. Т. В. Семеновой. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 276 с.
4. Мониторинг нефтегазовых объектов методом муаровых полос. Лаптева У. В., Кузяков О. Н., Кучерюк В. И. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2007. № 5. С. 110-115. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=9585473>
5. Перспективы использования моноблоков при исследовании деформаций поверхностей электронно – проекционным муаровым методом. Лаптева У. В. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - НЕФТЕГАЗОВОМУ РЕГИОНУ. Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, 2015. С. 294-296 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24105198>
6. Разработка эмулятора фазы лексического анализа процесса компиляции. Романенко А. В. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - НЕФТЕГАЗОВОМУ РЕГИОНУ. Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, 2015. С. 294-296 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24105198>
7. Соколов А.П. Системы программирования: теория, методы, алгоритмы: Учеб. Пособие, - М.: Финансы и статистика, 2004. - 320 с.: ил.
8. Теория компиляции. Лексический анализатор: методические указания к лабораторным работам по теме «Теория компиляции. Лексический анализатор» по дисциплине «Системное программное обеспечение» для студентов направления 220400.62 «Управление в технических системах» очной и заочной формы обучения / сост. У.В. Лаптева; Тюменский государственный нефтегазовый университет.- Тюмень: Издательский центр БИК, ТюмГНГУ, 2014-24с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНЫЙ ДОМ»

Т.Ю. Чернышева, к.т.н., И.В. Мощенко, студ.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: tatch@list.ru*

Концепция системы «Умный дом» (УД) предполагает новый подход в организации жизнедеятельности в доме, при котором на основе комплекса высокотехнологичного оборудования создается единая автоматизированная система управления, позволяющая значительно увеличить эффективность функционирования и надежность управления всех систем жизнеобеспечения [1].

Главная особенность системы УД является объединение отдельных подсистем различных производителей в единый автоматизированный комплекс.

Технология «Умный дом» использовалась в странах с развитыми информационными технологиями. В настоящее время «умный дом» это часть жизни большинства людей. Данная технология является благом для человечества, которая упрощает повседневную жизнь. В России существует несколько организаций, сотрудничающих с зарубежными компаниями по приобретению оборудования для «умного дома». Организации, предоставляющие услуги «умного дома» в России существуют не только в крупных городах, таких как Москва, Санкт – Петербург, Новосибирск и т.д., но и в мелких, таких как Юрга.

Умный дом – современный жилой дом, обустроенный высокотехнологичным оборудованием для комфортного проживания людей. Все инженерные системы, телекоммуникационные системы, системы безопасности и вся бытовая техника объединены в домашнюю Universal Plug'n'Play – сеть с возможностью выхода в сети общего пользования.

Концепция системы «Умный дом» предполагает новый подход в организации жизнедеятельности в доме, при котором на основе комплекса высокотехнологичного оборудования создается единая автоматизированная система управления, позволяющая значительно увеличить эффективность функционирования и надежность управления всех систем жизнеобеспечения [2].

Главная особенность системы УД является объединение отдельных подсистем различных производителей в единый автоматизированный комплекс.

Многие до сих пор путают понятия «умный дом» и «системы жизнеобеспечения». Под системами жизнеобеспечения необходимо понимать отдельные системы, обладающие лишь необходимым интерфейсом управления и контроля.

К системам жизнеобеспечения принято относить:

- инженерные системы: все коммуникации дома, водоснабжение, электроснабжение и прочее;
- системы безопасности: все системы охраны, сигнализации, ограничения доступа и прочее.
- В последнее время, в период бурного развития мультимедийного оборудования, к системам жизнеобеспечения можно отнести телекоммуникационные системы: связь, телефония, интернет, телевидение, развлечения и прочее.

Концепция системы «Умный дом» предполагает новый подход в организации жизнедеятельности в доме, при котором на основе комплекса высокотехнологичного оборудования создается единая автоматизированная система управления, позволяющая значительно увеличить эффективность функционирования и надежность управления всех систем жизнеобеспечения [3].

Умный дом – это повышение комфорта.

Повышение комфорта достигается не только путём простого и понятного управления отдельными подсистемами «умного дома», но слаженного взаимодействия всех подсистем между собой и гармоничного расположения в интерьере дома.

Умный дом – это обеспечение безопасности.

Личная безопасность. Полнофункциональная система обеспечения безопасности, включающая в себя систему охранной, пожарной безопасности, видеонаблюдения, контроля доступа и прочие системы, позволяет осуществлять мониторинг всякого рода угроз для владельца дома.

Умный дом – это сбережение и снижение расходов.

Энергосбережение. Распределение нагрузки от времени суток или прочих факторов, позволяет добиться многократного снижения затрат на коммунальные и прочие услуги.

Экономичный режим. Покинув свой дом, Вы можете быть спокойны за расход энергии в ваше отсутствие, т.к. система «умного дома» переведет всю технику в экономичный режим работы.

Умный дом – это постоянный контроль и управление.

On-line режим. Система «умного дома» предоставляет возможность дистанционного управления, посредством мобильного телефона или через Интернет.

В [1] компании предлагают выделять системы «умного дома» покомпонентно, выбирая определенный набор функций, которые более всего необходимы. Эта технология активно использует следующие составные части:

- Управление освещением;
- Климат-контроль;
- Управления приводами штор и жалюзи;
- Домашний кинотеатр;
- Система Мультирум;
- Система общего управления;
- Системы безопасности;
- Телевидение и Интернет;
- Связь и Телефония.

В зарубежном журнале Electronic House есть статья от Rachel Cericola посвящённая Elan Anchors, где она описывает, как его дом обустроили новейшим и лучшим оборудованием по технологии «умный дом» [4,5].

Интеллектуальная система Умный дом является концентрацией многих инновационных технологий и оборудования. В состав системы Умный дом входит оборудование, на основе модульной матричной структуры, имеющее свойство к постоянному обновлению и развитию за счёт абгрейта программ и «железа». Все технологии и оборудование системы Умный дом входят в общую и единую систему автоматизации, управления и мониторинга. Это позволяет комплексу Умный дом быть всегда актуальным и современным, несмотря на бурное развитие технологий.

Из приведённого обзора можно сделать вывод, что перечень услуг данной технологии достаточно широк. Возникает необходимость автоматизированного учета и анализа предоставляемых организацией услуг и автоматизации процесса сопровождения договорных отношений с заказчиками и поставщиками. Следовательно, разработка информационной системы учета и анализа услуг и договоров по внедрению технологии «умный дом» является актуальной, этому посвященная научная работа.

Умный дом - оборудование является составляющей частью интеллектуальной общей системы автоматизации, в которую входят системы: отопления, вентиляции, кондиционирования, кислородобогащения (микrokлимат), водоснабжения и канализации, электроснабжения, и освещения, охраны, и безопасности, телевидения, связи и информатизации, домашнего кинотеатра, и оповещения (мультирум), дополнительного оборудования. К услугам относятся следующие:

«Управление светом» - светодиодные, галогеновые, люминесцентные светильники - одним касанием. Включение и отключение всех осветительных приборов в системе Умный дом может осуществляться по сигналу, отправляемому с одного автоматизированного устройства. С этой целью используется автоматическое и дистанционное управление освещением. Для обеспечения контроля над осветительными приборами применяются пульта ДУ и встроенные панели, используя которые можно непосредственно из спальни отключить свет по всему дому. При наличии данной системы Вы никогда не забудете выключить свет, уходя из дома: нажатием одной кнопки дистанционного управления, находящейся у выхода, осветительные приборы отключатся во всех комнатах. По подобному принципу работает так же система «Управление электроприборами».

«Климат-контроль» - Система управления микроклиматом предназначена для поддержания заданной температуры в помещении независимо от внешних погодных условий. Можно также запрограммировать различные температурные режимы в зависимости от времени суток (например, прохладный воздух ночью благоприятен для хорошего сна, а к утру автоматика повысит температуру). Вентиляция управляется в зависимости от данных термометра и гигрометра, программируется экономичный режим. Можно создавать различные сценарии для удобного и быстрого управления климатическим оборудованием, в том числе системами ионизации и озонирования воздуха.

«Аудио-мультирум» - Мультирум распределяет аудио и видео в помещениях дома, используя для этого единый набор мультимедиа устройств. Система состоит из сервера управления, набора усилителей аудио и видео для каждой комнаты и всевозможных мультимедиа устройств. Управлять ей можно через дисплей в каждой комнате, пульт д/у или гаджет (iPhone / iPad). Мультирум сопровождает вас в доме, пока вы заняты любимыми делами.

«Безопасность» - организовывая систему автоматизации дома, необходимо обратить внимание не только на функции, делающие пребывание в нем комфортными, но и на те, которые гарантируют его сохранность и неприкосновенность от несанкционированного вмешательства. К ним относятся системы видеонаблюдения, охранно-пожарная сигнализация и система домофонии.

Глобальный рынок smart дома, как ожидается, вырастет на CAGR 17.00% в течение прогнозируемого периода до 2020 года.

Business planning and controlling system (Бизнес-планирование и система управления) - является популярной системой прикладной программой с для изготовления и других отраслей промышленности, которые разработаны и продаются в системах программного обеспечения Associates (SSA). SSA устанавливает СКАД в более чем 8000 бизнес-сайтов по всему миру.

Автоматизация учета и анализа договорных отношений по использованию технологии позволит упростить заключение договоров и оказание услуг, так же облегчит заказчику выбор оборудования из списка. Позволит вести учет заключенных договоров с заказчиками, вести учет всех оказанных услуг заказчикам, а так же проводить анализ какой период года самый прибыльный, какое оборудование самое надежное (и т.п.).

Проектируемая информационная система позволит повысить эффективность работы организации, за счет сокращения времени обслуживания заказчиков и поставщиков, а так же оказания дистанционных сервисов, например, устранения неполадок в системе установленного оборудования.

Целью исследования является теоретическое обоснование и разработка информационной системы учета предоставленных услуг и анализа эффективности использования технологии «Умный дом».

Литература.

1. Smart Homes Market by Product // <http://www.rnrmarketresearch.com/smart-homes-market-by-products-security-access-lighting-entertainment-energy-management-systems-hvac-and-ballast-battery-pack-services-installation-repair-renovation-customization-market-report.html?vsmaid=567>
2. Умный дом. Википедия // <https://ru.wikipedia.org/wiki>
3. Smart Homes Market // <http://www.prweb.com/releases/smart-homes-market-2020/analysis-and-forecasts/prweb11302579.htm>
4. Berlink, H. , Kagan, N. , Reali Costa, A.H. Intelligent Decision-Making for Smart Home Energy Management // Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications , 2015, 80, с 331-354.
5. Shamshiri, M. , Gan, C.K. , Safaei, J. , Omar, R.B., Ghani, M.R.B.A., Tamjis, M.R. Smart grid application via home automation system // International Journal of Applied Engineering Research, Volume 10, Issue 24, 1 December 2015, Pages 43930-43933

**АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ
ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТЕЙ**

*К.Т. Саттарова, аспирант, В.В. Кокарева, аспирант, Н.Д. Проничев, д.т.н., профессор
Кафедра технологий производства двигателей,*

*Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)» (СГАУ),
443086, г. Самара, Московское шоссе 34, тел. (846)2674583
E-mail: ks.mycity@gmail.com*

На современном промышленном предприятии существует проблема неорганизованности производственного процесса изготовления изделий. Даже стабильный производственный процесс часто может сбиваться из-за многих факторов, таких как простой оборудования, отсутствие дисциплины на рабочем месте, узкие места, и многих других [1]. Для удержания позиций на конкурентном рынке промышленному предприятию необходимо стабилизировать производственный процесс. Бережливое производство позволяет достичь не только равновесного состояния в производстве, но и вывести его на качественно высокий уровень.

Существует множество средств и методов организации бережливого производства, которые сегодня активно используются ведущими промышленными предприятиями. Одним из методов бережливого производства, который позволяет проанализировать производственный процесс и выявить в нем узкие места является карта потока создания ценностей [2-3].

Карта потока создания ценности (англ. Value stream Mapping, VSM) - простая и наглядная форма представления потоков материалов и информации при выполнении заказа на предприятии. Составляется две карты: карта текущего состояния потока создания ценности, которая описывает движение продукта с момента заказа до поставки и описывает условия, существующие на данный момент, и карта будущего состояния потока создания ценности, которая представляет вариант совершенствования для достижения более высокого уровня результативности [2]. Данный метод применяется для изменения самой логики протекания технологического процесса, но что делать, если он уже был многократно оптимизирован службами завода, но при этом всё равно остается длительным и неустойчивым? Именно на это и было направлено наше исследование, которое заключалось в анализе возможностей метода картирования потока ценностей в условиях спланированного технологического процесса.

Для проведения исследований была выбрана деталь, которая полностью изготавливается на промышленном предприятии города Самара. Обследование проводилось в течение всего цикла изготовления изделия, начиная с конца потока (с операций, которые должны определять темп работы для других операций). Важно заметить, что для получения достоверной информации не использовались установленные нормы времени выполнения операций; необходимые данные были получены из личных наблюдений, зафиксированных непосредственно при выполнении операции.

Напомним, что под потоком создания ценности мы понимаем и производственный поток преобразования сырья в конечное изделие, и проектирование от концепции до запуска в производство, и оказание услуги от принятия заказа до окончательного его исполнения. В нашем случае был рассмотрен производственный поток внутри предприятия, от получения сырья на складе до отгрузки изделия заказчику.

Для отображения происходящих процессов были использованы ячейки процессов, которые указывают на процесс, который входит в поток материалов. В данном случае используем ячейки для определения одного участка потока материалов, т.к. использование их для каждого технологического процесса приведет к загромождению карты.

Для упрощения были использованы следующие данные:

C/T - время цикла. Временной промежуток между выходами готовых изделий из процесса, либо время, необходимое оператору для прохождения всех элементов работ до их повторения;

C/O - время переналадки;

Исправное состояние - требуемая продолжительность станка в исправном состоянии. Так как в течение всего цикла обработки используется исправное и довольно новое оборудование, процент исправного состояния будет довольно высоким [4].

В год требуется 120 штук годных цапф при условии запуска в обработку партий раз в месяц. С учетом КВИ в обработку поступает 188-192 цапф в год. Рассчитаем время такта для выполнения данного заказа при условии работы в две смены. Количество рабочих дней в год составляет 365 дней

(непрерывное производство), а продолжительность перерывов на обед 40 минут в смену. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчет исходных данных для картирование

	Параметр	Значение
(A)	Количество смен	3
(B)	Число минут в смене	480
(C)	Продолжительность перерывов, мин.	40
(D)	Число рабочих минут в смене (D=B-C)	340
(E)	Число рабочих минут в день (E=A×D)	3×340=1020
(F)	Объем ежемесячного заказа, шт.	16
(T _y)	Время такта T _y =E/F, мин.	63,75

Контроль детали не добавляет стоимости конечному продукту, однако играет значительную роль в технологическом цикле. Так, при обнаружении брака сварного шва деталь возвращается назад по технологическому циклу на правку и повторную сварку. Часто контроль детали проводится непосредственно на рабочем месте с применением подручных материалов: штангенциркуль, калибр, микрометр, и т.д. Но так же в технологии присутствует рентген контроль, который является узким местом.

В результате была построена карта потока создания ценностей в действующем производстве, которая представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Карта потока создания ценностей в действующем производстве

В результате проведенного исследования были выявлены узкие места, а именно: Рентген-контроль, Гидравлическое испытание, Металлография, Операция шлифования, другие случайные проблемы.

Анализ текущего состояния показал, что цикл изготовления партии деталей растягивается в среднем на 2-3 месяца (в данном случае это время составило 2,68 месяца), однако время, при котором создается стоимость деталей, составляет 11,42 дня. Как мы видим, около 87% времени не создается стоимости детали. Разумеется, частью этого времени является время на транспортировку, контроль размеров и геометрии, и т.д., но даже с учетом этого, время "пролеживания" составляет не менее

70%. Исходя из этого, следует применить меры по сокращению времени пролеживания изделий. Для этого нами предложено использовать принципы умного производства.

Одной из основных причин простоев, помимо описанных выше, является проблема перепроизводства. Перед каждым последующим процессом накапливается масса продукции, переданная с предыдущего. Причиной перепроизводства в данном случае является то, что все производственные процессы изолированы друг от друга за счет реализации выталкивающей схемы. Каждый процесс производит продукцию по своему собственному графику.

В случае появления дефектов на каком-либо из участков, дефектная деталь будет находиться в запасах до момента ее передачи на следующий процесс, а не устранённая причина дефекта продолжит свое существование, следствием чего станет увеличивающийся объем производства дефектных деталей. Такой момент присутствует на карте потока ценностей на этапе операции "Подварка", когда сборка ДЭС и рычага не проходит контроль, деталь отправляется на повторную сборку, сварку, и т.д., что увеличивает цикл изготовления детали. Для устранения проблемы перепроизводства необходимо ввести вытягивающую схему (рисунок 2), а это, в свою очередь, потребует применение инструментов умного производства, к которым относятся:

- 1) организация производства в соответствии со временем такта;
- 2) организация непрерывного потока;
- 3) применение супермаркетов для контроля процессов, тонкая регулировка за счет канбанов;
- 4) отправление графика заказчика только на задающий процесс;
- 5) выравнивание производства и регулирование номенклатуры продукции;
- 6) регулирование объема производства.

При анализе карты текущего состояния были выявлены следующие проблемы:

- разьединенность процессов;
- длительное время выполнения заказа по сравнению со временем обработки;
- проблемы, связанные с простоем оборудования;
- нехватка рабочего персонала;
- нехватка ресурсов (пара, воздуха под высоким давлением).

В результате внедрения изложенных принципов умного производства была построена карта потока создания ценностей будущего состояния (рисунок 2).

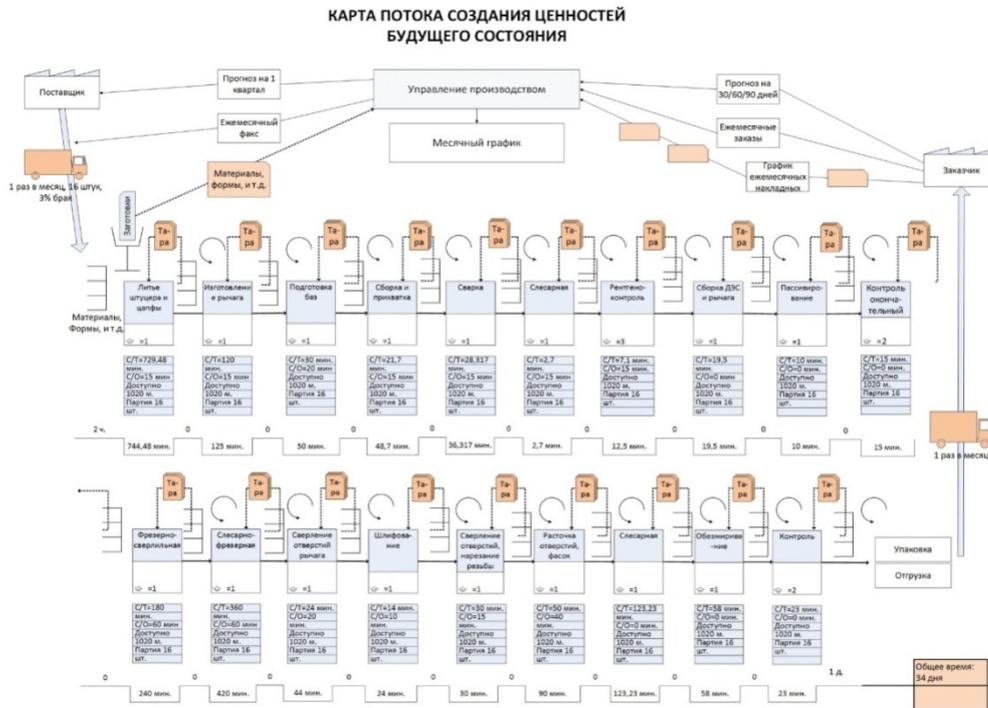


Рис. 2. Карта потока создания ценностей будущего состояния

Отметим, что цикл изготовления исследуемой детали был многократно оптимизирован, в результате чего изменение траектории потока создания ценности за счет введения рабочей ячейки и рационального размещения оборудования нецелесообразно. Однако, существуют возможности по сокращению времени на производство детали за счет пересмотра существующих технологий. Узкое место, обозначенное на карте текущего состояния как "литье штуцера и цапфы", удастся устранить путем найма квалифицированного персонала, а общее время на штамповку рычага можно сократить благодаря поиску внутрицеховых резервов и снижению времени простоев оборудования.

В результате создания карты будущего состояния получено, что весь цикл изготовления партии деталей можно сократить до 34 дней, т.е. на 42,28%. Для оценки результативности проведенной работы, полученные результаты были оценены в денежном выражении. Для этого был использован цикловой график, который является важнейшим документом межцехового оперативного планирования. В нашем случае цикловой график сборки изделия строился без учета загрузки рабочих мест на основании веерной схемы сборки и длительности циклов сборки и каждой сборочной операции, с учетом длительности циклов сборки и выполнения операций.

По окончании исследования было получено, что при общем цикле изготовления цапфы, который растягивается на 2,68 месяца, себестоимость изготовления цапфы составляет 216 675,59 рублей. После введения принципов "умного" производства удалось сократить производственный цикл до 34 дней. Из соотношения мы можем видеть, что при этом стоимость изготовления детали составит 91628,98, т.е. удалось сократить стоимость изготовления детали на 125 046,61 рублей или на 57,71%. На рисунке 3 показано нарастание всех затрат (себестоимости незавершенного производства) и отдельно - материальных затрат и заработной платы вместе с цеховыми и общезаводскими расходами, определенное по цикловому графику.

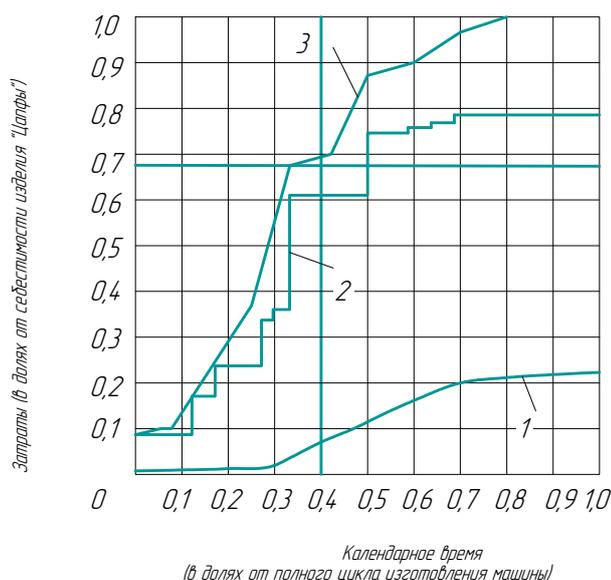


Рис. 3. Укрупненный график нарастания затрат по цапфе

1 - производственная заработная плата вместе с цеховыми и общезаводскими расходами;
2 - материальные затраты; 3 - все затраты.

Построение карты потока создания ценности является проверенным инструментом, который помогает устранять потери. Данный метод можно использовать для широчайшего спектра отраслей промышленности и процессов, он идеален для проведения положительных организационных изменений в компаниях, помогает выработать оптимальные управленческие решения по снижению себестоимости, повышению качеству и гибкости процессов. Составление карты помогает увидеть и представить совокупность операций в определенной последовательности в будущем потоке создания ценности [4-6]. Результаты проведенных исследований показали, что применение метода построения карты потока создания ценностей позволяет не только значительно усовершенствовать существующую систему изготовления детали, но и снизить конечную себестоимость изделия. Даже простые, на первый взгляд улучшения могут привести к резким улучшениям конечного результата.

Литература.

1. М. В. Евдокимова. Современное состояние и проблемы развития оперативного контроллинга на предприятиях промышленности // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2011. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.uecs.ru/uecs30-302011/item/492-2011-06-18-08-24-25>
2. Погребняк С. И. Бережливое производство. Формула эффективности. - М.: Триумф, 2013. - 308 с.
3. Владыкин А. А. Инновационные методики системы «бережливого производства» как элементы «потока создания ценности» для потребителя [Текст] / А. А. Владыкин, И. М. Вилисова // Экономическая наука и практика: материалы III междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2014 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. — С. 109-113.
4. А. Л. Ахтулов, Л. Н. Ахтулова, Т. И. Стадольская. Использование карт потока создания ценности как средство постоянного улучшения деятельности организации // Омский научный вестник № 5 (122) 2013. – С. 40-46.
5. Шайдуллина Л.И. Поток создания ценности как объект учета затрат на бережливом предприятии // Современные научные исследования и инновации. 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/02/22371> (дата обращения: 31.07.2014).
6. Аршба Л.Н. Внедрение инструментов бережливого производства в структурных подразделениях железнодорожного транспорта // Universum: экономика и юриспруденция: электрон. научн. журн. 2014. № 5 (6).

БАЗА ДАННЫХ И ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ РАСШИРЕННОЙ МАТРИЧНОЙ МОДЕЛИ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

*А.Е. Янковская^{1, 2, 3, 4, 5, а}, д.т.н., проф., Д. Н. Черепанов^{1, 3, б}, к.ф.-м.н., доц.,
О.В. Селиваникова^{3, с}*

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822)-65-07-82

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 2, тел. (3822)-70-17-78

⁴Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
г. Томск, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

⁵Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия,
634050, г. Томск, Московский тракт, 2

^аE-mail: ayuankov@gmail.com, ^бE-mail: d_n_ch@mail.ru, ^сE-mail: selov@tpu.ru

Введение. Имеющаяся сеть автомобильных дорог РФ в настоящее время не позволяет в полном объеме обеспечивать потребности экономики и конкурентоспособность международных перевозок грузов автомобильным транспортом через территорию России. Значимость автомобильных транспортировок для сохранения территориальной целостности РФ, её геополитического влияния и конкурентоспособности невозможно переоценить [1]. В связи с этим, особую важность приобретает разработка современных информационных технологий в системе управления автомобильными дорогами.

Дорожно-климатическое районирование территорий (ДКРТ) предусматривает выделение на территории РФ дорожно-климатических зон, характеризующихся тем или иным сочетанием тепла и влаги, которое обуславливает в пределах одной зоны формирование взаимосвязанных типов почв и растительности [2 – 6]. Однако в пределах каждой зоны могут значительно изменяться и другие факторы, существенно влияющие на состояние автомобильных дорог [3, 4]. В связи с этим требуется уточнение подходов к ДКРТ.

Учёт особенностей природно-климатических условий Западно-Сибирского и других регионов России, дополнительно к действующим в дорожной отрасли нормам проектирования [2], позволяет разделить дорожно-климатические зоны на однородные территории [3, 4], характеризуемые типичными, свойственными только ей геокомплексами (климатом, геологией, рельефом местности и другими условиями). Внутри каждой однородной территории однотипные дорожные конструкции, прежде всего земляное полотно и дорожная одежда, характеризуются примерно одинаковой прочностью и устойчивостью. Такое разделение на однородные территории должно предотвратить значительные

материальные и экономические потери в течение жизненного цикла автомобильных дорог, связанные с приведением их в требуемое для безопасности движения состояние. Кроме того, необходимо разработать современную методологию ДРКТ для уточнения границ однородных территорий, уже выделенных на основе ранее использованных подходов. Таким образом, создание новых информационных технологий в области ДРКТ не вызывает сомнений.

Предложенная в публикации [7] интеллектуальная информационная технология дорожно-климатического районирования территорий (ИИТ ДКРТ) позволит определить к какому известному типу однородных территорий относится местность, в которой планируется строительство автомобильной дороги. В этих целях используется матричный способ представления данных и знаний в интеллектуальной системе (ИС) ДРКТ, служащей основой ИИТ ДКРТ, состоящей из расширенной матричной модели представления данных и знаний об исследованной территории Западно-Сибирского региона и матричной модели представления данных об исследуемом регионе, описание которых приведено в статье [7].

Ниже приводится матричный способ представления данных и знаний, используемый для ДРКТ; структуризация данных и знаний; характеристические и классификационные признаки и их значения; формирование базы данных и знаний в ИС ДКРТ.

Матричный способ представления данных и знаний. В публикации [7] предложено использовать расширенную матричную модель представления данных и знаний для ДРКТ. Элементами матриц являются значения целочисленных характеристических признаков, сопоставленные их исходным значениям. Целочисленные значения характеристических признаков, включая групповые, т.е. признаки, которые расщепляются на признаки, принимающие целочисленные значения соответствующие некоторым интервалам, а также принудительные признаки, являются элементами расширенной матрицы описания объектов (Q^e). Каждому характеристическому признаку, соответствует столбец матрицы Q^e . Каждому опорному пункту, в котором определяются значения характеристических признаков, соответствует строка матрицы Q^e . Таким образом, элементом матрицы Q^e служит значение целочисленного характеристического признака, в том числе принудительного, соответствующего одному из опорных пунктов [7]. Отметим, что принудительные признаки не участвуют в выявлении закономерностей, а служат только для картирования положения зон, подзон и дорожных районов.

Кроме того, матрица описания дополняется строками, в которых представлены знания высококвалифицированных экспертов. Отметим, что если значение характеристического признака в дополнительной строке будет неизвестно или не указано высококвалифицированными экспертами, то его значение будет отмечено символом «—».

Целочисленные значения классификационных признаков трёх типов являются элементами матрицы различения R^e . Ограничимся матрицей различения диагностического типа, когда каждый последующий столбец разбивает предыдущий на классы эквивалентности. В соответствии с практикой ДРКТ [3, 4] будем использовать три классификационных признака диагностического типа, которые сопоставляются: 1 - й – зонам, 2 - й – подзонам и 3 - й – дорожным районам.

Некоторые дополнительные строки матрицы различения, заполняемые высококвалифицированными экспертами, могут отличаться от ранее заполненных на основе экспериментальных данных, поскольку в обучающей выборке некоторые сочетания значений классификационных признаков могут отсутствовать.

Информация об исследуемых объектах представляется только матрицей Q^e , аналогичной матрице Q^e , и задающей описание исследуемой территории, подлежащей ДРКТ.

Приведём на рис. 1 иллюстрирующий пример расширенных матриц описания и различения для десяти опорных пунктов, в котором отсутствуют строки, формируемые на основе знаний высококвалифицированных экспертов.

z_4 – содержание песчаных частиц (в процентах): 1 – супесь песчанистая [50; 100]; 2 – супесь пылеватая [0; 50]; 3 – суглинок лёгкий, песчанистый [40; 100]; 4 – суглинок лёгкий, пылеватый [0; 40]; 5 – суглинок тяжёлый, песчанистый [40; 100]; 6 – суглинок тяжёлый, пылеватый [0; 40]; 7 – глина лёгкая песчанистая [40; 100]; 8 – глина лёгкая пылеватая [0; 40]; 9 – глина тяжёлая;

z_5 – испарение с поверхности дорожного полотна по летним месяцам: 1 – крайне низкое от 100 мм до 150 мм (арктические пустыни); 2 – очень низкое испарение от 150 мм до 200 мм (сибирские провинции тундр); 3 – низкое испарение от 200 мм до 400 мм; 4 – среднее испарение от 400 мм до 600 мм (тайга, центральные и центрально-черноземные области РФ, Краснодарский край); 5 – повышенное испарение от 600 мм до 700 мм (смешанные леса); 6 – высокое испарение от 700 мм до 800 мм; 7 – очень высокое испарение от 800 мм до 900 мм (степи); 8 – крайне высокое испарение от 900 мм до 1000 мм (полупустыни и пустыни);

z_6 – вид (тип и подтип) грунта: 1 – супесь легкая крупная; 2 – супесь лёгкая; 3 – супесь пылеватая; 4 – супесь тяжёлая пылеватая; 5 – суглинок лёгкий; 6 – суглинок лёгкий, пылеватый; 7 – суглинок тяжёлый; 8 – суглинок тяжёлый, пылеватый; 9 – глина песчанистая; 10 – глина пылеватая; 11 – глина жирная.

Перечислим целочисленные значения, кодирующие групповые характеристические признаки, сопоставленные столбцам матрицы описания:

z_7 – гидротермический коэффициент Селянинова (ГКС): 1 – избыточное увлажнение грунтов с ГКС от 1.4 до 5; 2 – значительное увлажнение грунтов в отдельные годы с ГКС от 1 до 1.4; 3 – недостаточное увлажнение грунтов с ГКС от 0.5 до 1; 4 – засушливые районы с ГКС до 0.5;

z_8 – число пластичности (ЧП, в процентах): 1 – несвязные грунты (песок и другие) с ЧП от 0 до 1; 2 – супесь с ЧП от 1 до 7; 3 – суглинок лёгкий с ЧП от 7 до 12; 4 – суглинок тяжёлый с ЧП от 12 до 17; 5 – глина лёгкая с ЧП от 17 до 27; 6 – глина тяжёлая с ЧП от 27;

z_9 – размер частиц грунта (РЧГ, в мм): 1 – глинистая фракция с РЧГ до 0.005; 2 – пылеватая фракция с РЧГ от 0.005 до 0.05; 3 – песчаная фракция с РЧГ от 0.05 до 0.5; 4 – крупноразмерные фракции (крупный песок, гравий, валуны) с РЧГ от 0.5 до 250;

z_{10} – среднегодовая температура воздуха (СТВ, в градусах Цельсия): 1 – крайне низкая температура с СТВ от -15.5 до -10; 2 – очень низкая температура с СТВ от -10 до -6; 3 – низкая температура с СТВ от -6 до -2; 4 – средняя температура с СТВ от -2 до 2; 5 – высокая температура с СТВ от 2 до 6; 6 – очень высокая температура с СТВ от 6 до 10; 7 – крайне высокая температура с СТВ от 10 до 14.2;

z_{11} – высота снежного покрова (ВСП, в см): 1 – бесснежные районы с ВСП до 30; 2 – малоснежные районы с ВСП от 30 до 50; 3 – умеренно-снежные районы с ВСП от 50 до 70; 4 – многоснежные районы с ВСП от 70 до 100; 5 – исключительно многоснежные районы с ВСП от 100 до 290;

z_{12} – глубина промерзания грунтов (ГПГ, в см): 1 – малая глубина с ГПГ от 50 до 180; 2 – средняя глубина с ГПГ от 180 до 220; 3 – большая глубина с ГПГ от 220 до 260; 4 – очень большая глубина с ГПГ от 260 до 300; 5 – сверхбольшая глубина с ГПГ от 300 до 600;

z_{13} – относительное морозное пучение (ОМП, %): 1 – непучинистые грунты с ОМП не более 1; 2 – слабопучинистые грунты с ОМП от 1 до 4; 3 – пучинистые грунты с ОМП от 4 до 7; 4 – сильнопучинистые грунты с ОМП от 7 до 10; 5 – чрезмерно пучинистые грунты с ОМП свыше 10;

Перечислим целочисленные значения, кодирующие классификационные признаки, сопоставленные столбцам матрицы различения:

k_1 – зона: 1 – зона I, 2 – зона II, 3 – зона III, 4 – зона IV, 5 – зона V;

k_2 – подзона: 1 – подзона P, 2 – подзона X, 3 – подзона Г;

k_3 – дорожный район: 1 – район 1, 2 – район 2, 3 – район 3, 4 – район 4, 5 – район 5.

Рамки статьи не позволяют представить репрезентативный фрагмент матриц описания и различения (Q^e и R^e).

База данных и знаний.

Основой построения базы данных и знаний для ИИТ ДКРТ является вышеописанное расширенное матричное описание данных и знаний, а также матрица описаний исследуемых территорий. База данных и знаний для ИИТ ДКРТ, содержащая все характеристические признаки и их значения, как по исследованным территориям, так и по исследуемым территориям, а также классификационные признаки по исследованным территориям, формируется с учётом особенностей природно-климатических условий и уточнённых закономерностей воздействия географического комплекса на протекание водно-теплового режима дорожных конструкций.

Для построения ИИТ ДКРТ развивается созданная ранее в лаборатории интеллектуальных систем ТГАСУ интеллектуальное инструментальное средство ИМСЛОГ, предназначенное для выявления различного рода закономерностей, включая отказоустойчивые диагностические тесты; принятия и обоснования решений с использованием когнитивных средств.

Развитие ИИС ИМСЛОГ осуществляется с учетом специфики дорожно-климатического районирования территорий. В отличие от используемой ранее концепции "база знаний - схема исследования - знания" в расширенной версии ИИС ИМСЛОГ используется концепция "проект - схема исследования-база данных и знаний - знания". Модифицированная подсистема шаблонов исследования, представляет собой интерактивную схему исследования, включающую: элементы управления (кнопки, выпадающие списки, текстовые поля и пр.); элементы отображения графической и текстовой информации (графики, информационные окна, динамическая анимация, средства когнитивной графики и пр.); шаблоны отчетов; сводки, представляющие собой таблицы, отображающие текущее состояние расчетов согласно заданной схеме исследования; подсистема объектов безопасности; подсистема хранения файлов. Элементы подсистемы шаблонов исследования играют роль модулей-плагинов в предыдущей версии ИИС ИМСЛОГ.

При разработке программных модулей использовались методы линейного, нелинейного и объектно-ориентированного программирования, использовались технологии OLEDB и COM. Программные модули элементов схемы исследования хранятся в библиотеке алгоритмов и выполнены в виде подключаемых динамических модулей, каждый из которых реализует заданное множество алгоритмических или интерфейсных методов либо методов работы с данными и знаниями. В отличие от неименованных входных и выходных параметров элементов шаблонов ранних версий, в расширенной версии ИИС ИМСЛОГ каждый элемент схемы имеет множество именованных параметров, используемых для обмена данными между модулями. Программные модули были разработаны на языке C++ в среде Embarcadero RAD Studio XE.

Заключение. Предложено построение базы данных и знаний для интеллектуальной информационной технологии дорожно-климатического районирования территорий на основе предложенного нами расширенного матричного описания данных и знаний, а также на основе матрицы описаний исследуемых территорий.

В статье приведена структуризация данных и знаний по дорожно-климатическому районированию территорий, необходимая для создания ИИТ ДКРТ, основанной на тестовых методах распознавания образов и средствах когнитивной графики. Для осуществления структуризации использовались справочные данные, в также данные, полученные в ходе многолетних полевых и лабораторных исследований на территории Западной Сибири [3, 4].

Впервые выделены интервалы значений характеристических признаков и приведены их целочисленные значения, используемые в матрицах описания.

Приводится формирование базы данных и знаний на основе новой концепции "проект - схема исследования - база данных и знаний - знания", предложенной в развиваемом нами ИИС ИМСЛОГ, которое будет использовано для конструирования интеллектуальной системы ДКРТ, являющейся основой построения ИИТ ДКРТ.

Развиваемое нами ИИС ИМСЛОГ может быть использовано для конструирования интеллектуальных систем при решении широкого круга диагностических, прогностических, организационно-управленческих задач из различных проблемных и междисциплинарных областей. Не вызывает сомнения целесообразность его применения для диагностики устойчивости конструкционных материалов, включая сложные композиционные материалы, к различным видам деформирующих воздействий. В этих целях в первую очередь необходимо осуществить структуризацию данных и знаний по деформирующим воздействиям в соответствии с матричной моделью представления данных и знаний, используемой в интеллектуальных системах, основанных на тестовых методах распознавания образов, поддержки принятия диагностических решений и средствах когнитивной графики обоснования результатов принятия решения [9]. Далее необходимо создать базу данных и знаний, а также сконструировать на основе ИИС ИМСЛОГ прикладную интеллектуальную систему по деформирующим воздействиям.

Авторы выражают благодарность В.Н. Ефименко и С.Н. Ефименко за предоставленные данные по дорожно-климатическому районированию территорий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-07-00673-а)

Литература.

1. Национальная программа модернизации и развития автомобильных дорог РФ до 2025 года. Проект 25 марта 2004 г. / М-во транспорта и связи РФ. - М., 2004.
2. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02 – 85*. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 2004 (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 266).
3. Ефименко В.Н. Методические основы дорожно-климатического районирования территории Юго-Востока Западной Сибири // Изв. ВУЗов. Строительство. 2002, № 10. – С. 87-90.
4. Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Бадина М.В. Учет региональных природно-климатических условий при уточнении норм проектирования автомобильных дорог // Наука и техника в дорожной отрасли. 2012. № 1. С. 14–17.
5. Russam K., Coleman J.D., The Effect of Climatic Factors on Subgrade Moisture Conditions // Geotechnique, XI, 1961, № 1, P. 22–28.
6. Zapata C.E., Houston W.N., Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design. – Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2008. – 62 p.
7. Yankovskaya A., Efimenko S., Cherepanov D. Structurization of data and knowledge for the information technology of road-climatic zoning // Applied Mechanics and Materials. Vol. 682. 2014. – P. 561-568.
8. Yankovskaya A.E., Gedike A.I., Ametov R.V., Bleikher A.M. IMSLOG-2002 Software Tool for Supporting Information Technologies of Test Pattern Recognition // Pattern Recognition and Image Analysis. Vol. 13. 2003, № 4. – P. 650-657.
9. Янковская А.Е. Логические тесты и средства когнитивной графики. Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 92 с.

**БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ
СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ**

С. С. Баус, магистрант

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56

E-mail: ssb@tpu.ru

В наш век информационных технологий и всеобщей глобализации, когда каждая минута в жесткой конкурентной борьбе играет решающую роль в успешности разработки, необходимо разрабатывать и осваивать новые способы всестороннего ускорения технологической подготовки производства новых изделий. Эта задача в современных условиях решается путем выработки правильной стратегии, внедрения технологий бережливого производства, 5 сигм. В основе выбора стратегии развития компании лежит анализ трех основных альтернатив, среди которых усиление существующих видов бизнеса, диверсификация или отказ (продажа) от определенного вида деятельности, не связанного с ключевыми компетенциями бизнеса. Каждая из альтернатив может быть реализована как средствами внутреннего роста за счет внутренних инвестиций, так и методами внешнего роста – посредством слияний и поглощений. Внутренний рост дает возможность компании расти плавно и последовательно, за счет существующих ресурсов, систем и обязательств. Внешний рост может потребовать разрушения старых и создания новых систем и обязательств, быстрых и смелых решений. Зачастую ключевым фактором в бизнесе является время и скорость принятия решений, и многие компании просто не могут себе позволить внутренний рост, отнимающий больше времени [1].

Успешные нововведения в сфере управленческой деятельности западных компаний можно, по аналогии с техническими (технологическими) инновациями, называть «управленческими инновациями». Но стоит оговорить ряд ключевых особенностей:

1. Управленческие инновации характеризуются более широкой сферой применения, чем технические (технологические), например, являются универсальным инструментом модернизации управления, которые можно применять на различных уровнях управления экономикой и в различных родах структур и организациях.

2. Отличие управленческих инноваций заключается в том, что использование новшества здесь происходит без промежуточных стадий материализации (коммерциализации) инновационного процесса в отличие от инноваций технической сферы.

3. Разработка и внедрение управленческих инноваций не требует вложения значительных денежных средств, но предполагает большое напряжение, так как изменения в управлении временно дестабилизируют систему и затрагивают интересы людей.

4. В отличие от технических инноваций, управленческие невозможно запатентовать. Хотя, управленческие инновации можно считать рыночным товаром, используемым в консалтинге, бизнес-школах, учебных центрах, ассоциациях предпринимателей и т.д.

Между различными организационными технологиями и управленческими подходами (приемами), будь-то «стратегии различных цветов», «кайдзены» и «канбань», «бережливые производства», шесть сигма и системы качества, бюджетирования, учета, разыгрывается настоящая конкурентная борьба. Специалист в области управления постоянно выбирает и тестирует различные инструменты, каждый возлагая надежды, что следующий инструмент будет «философским камнем» бизнеса [3].

Малая длительность производственного цикла или обработки заказа, высокие требования к качеству готовой продукции или оказываемых услуг, разнообразие моделей и видов продукции или широкий спектр и разнообразие оказываемых услуг и при этом конкурентоспособная цена – это те факторы, которые влияют на позицию предприятия на рынке. В достижении этой ключевой цели в большинстве случаев положительных результатов дает внедрение концепции бережливого производства (англ. lean production, lean manufacturing от lean – «тощий, стройный», также встречаются варианты перевода – «стройное», «щадящее», «рачительное», встречается вариант с транслитерацией – «лин»).

Лин-философия является логическим развитием многих подходов управления, созданных в японском менеджменте. Поэтому система Lean включает в себя большое число инструментов и методик из этих подходов, а зачастую и сами подходы управления. Перечислить все инструменты и методики довольно сложно, тем более что состав применяемых инструментов будет зависеть от условий конкретных задач конкретного предприятия, а некоторые инструменты частично могут дублировать друг друга [2].

Основные инструменты и подходы управления, которые входят в состав инструментов бережливого производства:

1. Just in Time (точно в срок) – подход к управлению производством на основе потребительского спроса. Позволяет производить продукцию в нужном количестве в нужное время, избавляться от потерь времени, вызванных поломками и наладкой оборудования, потерь энергоресурсов, сырья, материалов, а также рабочего времени. Достигается это за счёт самостоятельного обслуживания оборудования оператором и осуществления им, помимо выпуска продукции, чистки, смазки, проверки и устранения мелких неисправностей.

2. Кайдзен (kaizen) – подход к управлению организацией на основе непрерывного улучшения качества. В этом подходе сотрудники регулярно и активно работают над совершенствованием своей деятельности.

3. 5S – методология улучшения, входящая в состав подхода Кайдзен. Позволяет сократить потери, связанные с плохой организацией рабочего места.

4. Андон (Andon) – визуальная система обратной связи на производстве.

5. Канбан – система регулирования потоков материалов и товаров внутри организации и за ее пределами – с поставщиками и заказчиками. Позволяет сократить потери, связанные с запасами и перепроизводством.

6. SMED (Single Minute Exchange of Die) – система позволяющая сократить потери времени, связанные с установкой заготовок [3].

7. Стандартизация работы является элементом подхода Кайдзен. Позволяет документировать процессы, за счет чего создается основа для улучшения деятельности.

8. Poka-Yoke – метод моделирования ошибок и их предупреждения в производственных процессах. Позволяет сократить потери, связанные с дефектами в производстве [3].

9. Инструменты контроля качества – гистограмма, стратификация, диаграмма Парето, диаграмма разброса, диаграмма Исикавы, контрольный листок, контрольные карты.

10. Инструменты управления качеством – диаграмма связей, древовидная диаграмма, матричная диаграмма, сетевой график, матрица приоритетов, диаграмма PDPC.

11. Инструменты анализа и проектирования качества – FMEA анализ, домик качества, метод 5 почему и пр [3].

Часть подходов и инструментов могут использоваться и по отдельности, но в концепции бережливого производства их сочетание дает более существенные результаты. Комбинация методик, инструментов и подходов поддерживает и усиливает друг друга, за счет этого сама система Lean ста-

новится более гибкой. Лин-менеджмент может рассматриваться как неотъемлемый элемент управления изменениями.

Отметим что при построении Бережливого производства принципиально возможны два пути: западный (Lean Production) и восточный, точнее японский (TPS) – построение модели, ориентированной на производственную систему «Тойоты» – Toyota Production System. Западный подход концентрируется на получении быстрых бизнес-результатов и осуществляется «сверху - вниз». Внедрение проводится командой менеджеров, которые принимают все решения по организации производства и труда на каждом участке, определяют требования и формулируют правила, создают регламенты для реализации потока ценности. Японский подход к внедрению состоит в первую очередь в вовлечении в процесс всего персонала, включении интеллекта каждого работника в рациональную организацию его рабочего пространства, а затем и производственного процесса.

Выбрав бережливое производство в качестве целевой модели развития компании, стоит понимать, что это комплексная система принципов организации бизнеса, инструментов, обеспечивающих реализацию этих принципов и ментальности сотрудников, обеспечивающая наиболее эффективное использование ограниченных ресурсов. То есть основная цель использования инструментов бережливого производства – позволить организации функционировать с минимальными вложениями ресурсов, как в основные, так и в оборотные средства.

Сокращение времени производственного цикла (его этапов, которым соответствуют запасы материалов, НЗП или готовой продукции) позволяет, во-первых, пропорционально сократить потребность в оборотных активах, во-вторых, снизить затраты на привлечение заёмного капитала. Здесь комплексное целенаправленное использование инструментов бережливого производства позволяет добиться значительных результатов за счет выявления и использования внутренних ресурсов предприятия.

Сокращение незавершенного производства является первоочередной задачей для предприятия, внедряющей методологию бережливого производства. Незавершенное производство является причиной многих сопутствующих затрат. Помимо того, что незавершенное производство представляет собой связанный капитал – соответственно предприятие теряет возможную доходность от этого капитала – потери состоят еще и в возможном материальном ущербе, затрат на дополнительные трудовые ресурсы для их содержания, а также дополнительной площади. Неочевидным последствием излишних активов может стать ухудшение качества. Многие предприятия улучшили качество готовой продукции только за счет сокращения незавершенного производства. Причиной этого явления является то, что если, например, на начальной стадии производства появится дефект продукции и вся серия данной продукции была дефектной, на предприятии с низким уровнем запасов дефект обнаружится гораздо быстрее. Предприятие с низким уровнем запасов может остановить производство при выявлении дефекта, избавиться от дефектных активов и запустить производство новой серии. Предприятие с низким уровнем незавершенного производства будет более эффективным в выявлении причины брака, так как работникам производства и содержания активов будет проще сориентироваться [4].

В современных условиях жесточайшей конкурентной борьбы ускорение оборачиваемости является одной из наиболее приоритетных целей. Предприятия стремятся увеличить товарооборачиваемость, чтобы при меньшей площади складов и меньших затратах на содержание ресурсов получить наибольший объем продаж и, следовательно, прибыли. Вышеописанное влияние компонентов бережливого производства на ускорение оборачиваемости оборотных активов демонстрирует всю широту действия lean manufacturing – работы по сокращению длительности одного оборота ведутся на каждом этапе производственной деятельности, начиная от складирования материальных запасов до отгрузки готовой продукции [5]. На данный момент именно эта концепция позволяет добиться самых впечатляющих результатов в направлении ускорения оборачиваемости оборотных активов.

В результате отдельные инструменты бережливого производства, как элементы мозаики, формируют стабильную, способную быстро адаптироваться к требованиям рынка, функционирующую при меньших затратах ресурсов производственную систему. Оптимизация внутренних процессов позволяет корпорации более гибко взаимодействовать с поставщиками и покупателями: организовывать ритмичную работу по принципу «точно вовремя» во всей цепи поставок (что бессмысленно при неритмичности и нестабильности внутренних процессов), предлагать новые взаимовыгодные условия поставки продукции потребителям, точнее планировать потребность в заемном капитале.

Следует признать, что возникают некоторые трудности с калькуляцией эффекта внедрения лин-менеджмента. Во-первых, несмотря на тиражируемые российскими консалтинговыми агентствами показатели эффективности использования лин-менеджмента в России, свидетельствующие об

экономической эффективности от внедрения системы бережливого производства, надо понимать, что эти данные в какой-то степени условны.

Ожидаемые изменения от применения системы бережливого производства:

- Сокращение производственного/операционного цикла 50 – 90%.
- Сокращение незавершенного производства 60 - 80%.
- Сокращение числа дефектной продукции 50 - 100%.
- Увеличение объемов производства/производительности труда 40 - 80%.
- Увеличение общей производительности 75 - 125%.

Разработана программа по совершенствованию ОАО «Камаз» до 2024 года:

1. Программа интеграции Системы менеджмента качества и Daimler Truck.
2. Развитие системы обучения и мотивации персонала по выявлению и решению проблем качества.
3. Внедрение системы информационной поддержки Системы менеджмента качества (CAQ + QM SAP).
4. Внедрение интегрированной системы логистики уровня 4PL.
5. Увеличение производительности труда до уровня.
6. Оптимизация функции ремонта и обслуживания технологического, энергетического оборудования и инженерных сетей.
7. Реализация совместных проектов с Daimler Truck по развитию Производственной системы на базе интеграции с операционной системой «TOS» Daimler.
8. Развитие Lean-культуры (Бережливое производство) на всех уровнях управления.

Таким образом, руководители отечественных предприятий должны осознавать, что понятие «бережливое производство» включает в себя больше, нежели простую экономию и является необходимым инструментом для непрерывной оптимизации процесса производства. Политика бережливого производства строится в том числе и на учёте инициативы «снизу», повышении мотивации каждого работника компании и возможности раскрытия потенциала и ресурсов.

В условиях транснациональной конкуренции российские производители будут конкурентоспособны только тогда, когда станут использовать современные концепции эффективного управления производственными и иными процессами под воздействием новой бизнес-идеологии, формируемой развивающейся интернационализацией мирохозяйственных связей.

Литература.

1. Шарыпов С. А. Бережливое производство. – М: МГУ, 2015. – 248 с.
2. В чем преимущества Бережливого Производства? Информационный портал ООО «Шесть Сигм», 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sixsigma.ru/lean-benefits.php>.
3. Судакова С.Б. Основы бережливого производства – СПб: СПбГУ, 2013.
4. Янушев В.И. Внедрение принципов бережливого производства в России / В.И. Янушев, С.А. Александров, И.С. Белоусова // – Казань: КФУ, 2014.
5. Ключков Ю.П. Организационные механизмы внедрения бережливого производства на промышленном предприятии // Теория и практика общественного развития. 2013. № 6.

ОСНОВЫ УСПЕШНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОГО ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

М.С. Баус, студентка 3 курса

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

634050, г. Томск, пр. Ленина 36, 8-913-873-55-18,

E-mail: Maria_70_1@mail.ru

Успех деятельности малых предприятий обеспечивают систематические инновации в области продукции или услуг, позволяющие создать новый рынок, удовлетворить новые потребности. В зависимости от определенных требований рынка, малые предприятия могут разрабатывать стратегию, сфокусированную либо на низких ценах, либо на дифференциации в более узком сегменте.

Сегодня конкурентными фирмами являются те, которые внедряют формы и методы управления, основанные на стратегии предприимчивости. Так же на малом предприятии должна быть система менеджмента качества, которая обеспечит ориентацию на «процессное» управление деятельностью и системный подход на его основе в области процессов обеспечения качества. Нужно чтобы в

штате малого предприятия работал хороший и знающий менеджер, так как менеджер способен так чтобы малое предприятие было эффективным и конкурентоспособным.

Основные функции в управлении предприятием это:

Организация процесса производства состоит из формирования связей между управляемой и управляющей системами, также определение способов и методов влияния как на предприятие в целом, так и на отдельные производственные звенья и на конкретных исполнителей.

Контроль над ходом реализации производственной программы: выявление, обобщение и анализ отклонений (если они есть) от плановых показателей, доведение полученной информации до руководителей отделов, подразделений и всего предприятия в целом.

Регулирование включает в себя ряд мер оперативного характера, которые необходимы, главным образом это устранение отклонений от плановых показателей, которые были выявлены в процессе мониторинга.

Координация процесса управления малым предприятием и осуществление согласованности и слаженности в работе различных подразделений и звеньев предприятия.

Стимулирование это система морального и материального воздействия на работников предприятия для увеличения эффективности их труда, достижения максимально возможной результативности производственной деятельности.

У малого предприятия есть плюсы и минусы.

Плюсы малого предприятия:

- Возможность использования творческих идей;
- Быстрота реагирования изменения;
- Легче управлять малым предприятием и проще искать сотрудника;
- Дешевизна инвестиции и стартовый капитал, являются маленьким;
- Легко найти местоположение, так как предприятие можно разместить в различных местах и не далеко от центра, что тоже хорошо для предприятия;
- Более сплоченный коллектив, который друг друга знают и могут создавать сплоченную команду и руководитель знает, чем занимается сотрудник или кто что умеет делать из работников.

Минусы:

- Не всегда малое предприятие является эффективным;
- Возможен риск потерять инвестированный капитал;
- Сложность в контроле расходов, неожиданное увеличение одной статьи расходов ведет к увеличению цены и тем самым товар становится неконкурентоспособным;
- Есть зависимость от крупных клиентов;
- Уязвимость предприятия, малое предприятие сильно реагирует на кризисные условия, на условия конкурентной борьбы или, например, еще уход специалиста.

Главным критерием системы управления должно быть обеспечения эффективности и конкурентоспособности малого предприятия, где без соблюдения этих условий сложно будет надеяться на успех.

Сейчас существует проблема проблеме падения потребительского спроса на товары и услуги, а также о проблеме недостатка специальных управленческих знаний у менеджеров малых предприятий. Тем самым малые предприятия не смогут надеяться на успех своего предприятия.

Помимо всего вышперечисленного, малое предпринимательство играет еще одну важнейшую роль – оно выступает инструментом монополизации экономики.

Создание структуры малого предприятия и распределения полномочий являются главными аспектами. Структура это упорядоченная совокупность взаимосвязанных элементов, находящихся в устойчивых отношениях между собой и обеспечивающих их функционирования и развитие как единого целого.

Малые предприятия в первую очередь выступают как один из субъектов экономической жизни страны менеджеров малого бизнеса. Сейчас существует проблема о необходимости повышения уровня теоретической подготовки менеджеров малого предприятия. Существует несколько путей решения этой задачи. Путь первый – самообразование – несомненно, правильный и верный. Однако далеко не у каждого руководителя есть четкие представления о том, какие знания из существующего колоссального объема научной и околонаучной литературы, а также информации, представленной на различных Интернет-ресурсах, является для него актуальной и полезной. Путь второй – квалифицированный консалтинг. По этому пути уже идет определенная часть предпринимателей, осознавших необходимость получения актуальных знаний. Рынок же в свою очередь готов предложить достаточно широкий спектр услуг – обучение, тренинги, консультационное сопровождение бизнеса, те или

иные варианты аутсорсинга. Но, на взгляд автора, для решения задачи повышения уровня профессиональной подготовки менеджеров малых предприятий должен существовать целостный комплексный подход. Причем реализация этого подхода должна начинаться с информирования предпринимателей о сути консалтинга, о значении и важности его для эффективного ведения бизнеса. Такую функцию, опять же, способно взять на себя только государство.

Организационная структура малого предприятия является средством достижения поставленных целей и задач. Для малого предприятия наиболее подходящей является структура, которая находится в единоличном владении, где вся фирма управляется собственником, который берет на себя все полномочия и риск предпринимательства.

Один из основных факторов, способствующих банкротству малых предприятий это нехватка управленческих знаний у директоров предприятия и управляющих этих предприятий. Поэтому они вынуждены просить помощь у консультационных фирм или привлекать на работу профессиональных менеджеров.

Успех, может быть, достигнут малыми компаниями, если они будут ввиду ограниченности их ресурсов концентрировать все свои усилия на определенных рыночных сегментах.

В условиях рынка с его жесткой конкуренцией выживает и успешно развивается тот, кто быстро реагирует на развития спроса и предложения и изменяет характер и направленность производства в соответствии с их требованиями.

Литература.

1. Громаков Е. И., Солдатов А. Н., Александрова Т. В. Управление процессами: учебное пособие, Томск, 2013, - 286 с.
2. Деминг Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Пер. с англ. – М.: Альпина БизнесБукс, 2007. – 418 с.
3. Елиферов В. Г. Бизнес-процессы. Регламентация и управление. – М.: Инфра-М, 2006. – 317 с.

ПОВЫШЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (МК)

Е.В. Бобешко, аспирант

Российский государственный социальный университет

129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, дом 4, стр.1

E-mail: madam.krisko@yandex.ru

Основная цель национальных инновационных систем - обеспечение устойчивого экономического развития и повышение качества жизни населения путем организации дополнительных рабочих мест, как в сфере науки, так и в сферах производства и услуг, а также повышение удельного веса поступлений в бюджеты разных уровней за счет увеличения объемов производства наукоемкой продукции и доходов населения [5; 7].

Машиностроение как одно из основных звеньев современной экономики Российской Федерации занимает место на периферии научно-технического прогресса. В такой ситуации не каждое машиностроительное предприятие задумывается об увеличении производительности труда и продуктивности. Данные процессы приводят к низкой инвестиционной активности предприятий машиностроительного комплекса, что тормозит развитие предприятий МК в целом. Хотя и тенденция экономической ситуации в МК последних лет показывает постепенную активизацию инновационных процессов. Однако этих мероприятий недостаточно для максимально эффективной деятельности предприятий МК.

Как показывает мировой опыт, наиболее эффективным методом решения существующих проблем в машиностроении является широкое применение инноваций. Базисом перехода машиностроительного комплекса (МК) на инновационный путь развития является комплексный подход к процессу управления его отраслями с внедрением последних достижений технической науки и созданием современной инновационной инфраструктуры.

Инновационный тип развития машиностроительной экономики, во многом, связан с научно-технической политикой региона (государства, в целом), формированием регионального инновационного механизма.

В настоящее время конкурентными преимуществами предприятий (в том числе и предприятий МК) становятся скорость получения новых знаний и реализация их в товарах и технологиях. Наука перестает быть автономно функционирующей отраслью и внедряется в систему производства. Она становится частью комплексной системы, способной содействовать производству знаний, а также трансфор-

мировать их в новые технологии, продукты и услуги, которые находят своих реальных потребителей на национальных или мировых рынках. Такая система получила название инновационной.

Конечно, нельзя не отметить, что инновационную деятельность осуществляют только отдельные предприятия машиностроения в силу разнообразных причин, например, в связи с недостатком финансовой поддержки со стороны государства, а также высокая стоимость инноваций.

Инновации, применяемые на предприятиях МК, можно разделить на технологические, маркетинговые, организационные и экологические.

В процессе инновационного менеджмента МК особое внимание необходимо уделять следующим факторам [1-3]:

1. Целесообразность и эффективность выбора технологии, совершенствование организационных форм машиностроительной продукции;
2. Организация определенного климата на предприятии, способствующего инновациям, а также эффективное стимулирование и мотивация кадрового состава;
3. Отбор потенциально успешных и «выигрышных» проектов;
4. Определение экономически целесообразного объема затрат и ресурсов.

Рассмотрим систему показателей оценки инноваций, представленную на рисунке 1.

На основе разработанной системы частных показателей может быть рассчитан интегральный показатель оценки уровня инновационного развития регионального МК, который позволяет оценить конечные обобщенные результаты эффективности инновационных процессов, определить направления их повышения через воздействие на структурные элементы.

В целях обеспечения устойчивого прогресса в процессе внедрения и реализации на предприятиях МК инноваций и нововведений особый акцент делается на конкретные вектора инновационности машиностроения, а именно [4; 6]:

- повышение уровня конкурентоспособности и экспортного потенциала высокотехнологичных направлений инновационной деятельности на основе разработки и внедрения эффективных ресурсосберегающих технологий;
- разработка совокупности ноу-хау, определяющих возможность формирования новых рынков высокотехнологичной продукции;
- быстрое развитие отдельных современных технологий в машиностроении, которому присуща горизонтальная ориентация;
- техническая и технологическая модернизация машиностроительных предприятий и субъектов инфраструктуры.



Рис. 1. Система показателей оценки эффективности инновационной деятельности в МК

Быстрому распространению современных технологий в МК будут способствовать следующие инструменты содействия развитию инновационности:

- меры по совершенствованию отраслевого регулирования и сокращению барьеров для распространения новых технологий, привлечению иностранных инвестиций;
- меры по развитию технологического регулирования, модернизации устаревших стандартов;
- поддержка импорта важнейших современных технологий.

Предложенная методика по повышению уровня инновационной составляющей и формированию инновационной политики организаций машиностроительного комплекса состоит из трех последовательных этапов:

1. принятие решения о целесообразности капиталовложений в новую технику;
2. оценка и выбор предлагаемых проектов в соответствии с целями, задачами и критериями эффективности машиностроительной организации;
3. изучение результативности внедрения новой продукции в ассортимент машиностроительной организации, а также возможный эффект развития диверсификации производства.

Также одним из факторов повышения инновационности МК выступает организация кластеров, основная задача которых является привлечение инвестиций (на сегодня наблюдается низкий уровень инвестиционной активности в данной сфере), формирование, развитие и совершенствование кадрового потенциала путем преобразования системы профессионального образования, внедрение результатов НИОКР, реформирование и модернизация существующих производств. Предприятия – участники организованного кластера МК имеют возможность привлечения ресурсов с целью реализации совместных международных проектов, тем самым, повышая конкурентоспособность своих предприятий.

Создание и эффективное функционирование предприятий МК на основе кластерного подхода предполагает наличие современной высокотехнологичной промышленной зоны для размещения машиностроительных и промышленных производств на территории инфраструктуры кластера с задачей выпуска конкурентоспособной современной продукции не только для внутреннего, но и для внешнего рынка.

Таким образом, не претендуя на оригинальность в своих исследованиях, нами видится, необходимость внедрения инновационности в деятельность предприятий МК, особенно в современной экономической ситуации в условиях введенных санкций при необходимости импортозамещения продукции. Поэтому внедрение и реализация предложенных инновационных методов возможны для устойчивого развития, как предприятий машиностроительного комплекса, так и отрасли в целом.

Литература.

1. Ахмедов А.Э., Шаталов М.А. Совершенствование механизма управления рисками машиностроительного комплекса в условиях нестабильности внешней среды // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2015. Т. 1. С. 105-111.
2. Баутин В.М. Диверсификация в системе устойчивого развития предпринимательских структур АПК// Синергия. 2015. № 1. С. 60-65.
3. Бобешко Е.В. Проблемы формирования инвестиционно-инновационной политики развития агропромышленного комплекса // Агропродовольственная экономика. 2015. № 3. С. 13-20.
4. Болдырев В.Н., Кудряшова О.В., Шаталов М.А. Анализ финансовой устойчивости коммерческой организации: современные подходы и их оценка. Воронеж, 2016. – 63 с.
5. Смольянинова И.В., Ахмедов А.Э. Система стратегического управления предприятием в условиях развития инновационной деятельности. Воронеж, 2013.
6. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Инновационное развитие предприятий металлургического комплекса на современном этапе // Металлургия: технологии, инновации, качество. Под общей редакцией Е.В. Протопопова. Новокузнецк, 2015. С. 245-248.
7. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Механизм экономического развития государства в современных условиях на основе внедрения инновационного подхода // Вестник Югорского государственного университета. 2015. № S3-2 (38). С. 86-89.

ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Т.Н. Богданова, аспирант

Российский государственный социальный университет

129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, дом 4, стр.1

E-mail: madam.krisko@yandex.ru

На современном этапе развития рыночной экономики России все большее значение приобретает обеспечение устойчивой конкурентоспособности предприятия. Машиностроительный комплекс в данном разрезе не выступает исключением. Применение логистического подхода при реализации стратегии повышения конкурентоспособности предприятия машиностроительного комплекса в настоящее время становится предметом отдельного рассмотрения, как со стороны теоретического подхода, так и с практической стороны. Организации, которые достигают стратегических преимуществ в связи с наличием компетентности в логистике, определяют характер конкурентности в машиностроительной отрасли хозяйствования и за ее пределами [6].

Логистическая система представляет собой систему с обратной связью, которая выполняет те или иные логистические функции на предприятии машиностроительного комплекса. Чаще всего, она включает в себя несколько подсистем и имеет развитые связи с внешней средой, влияющей на деятельность организации (Рисунок 1). Целью логистической системы является доставка товаров и продуктов в конкретное заданное место, в определенном количестве и ассортименте при заданном уровне издержек.

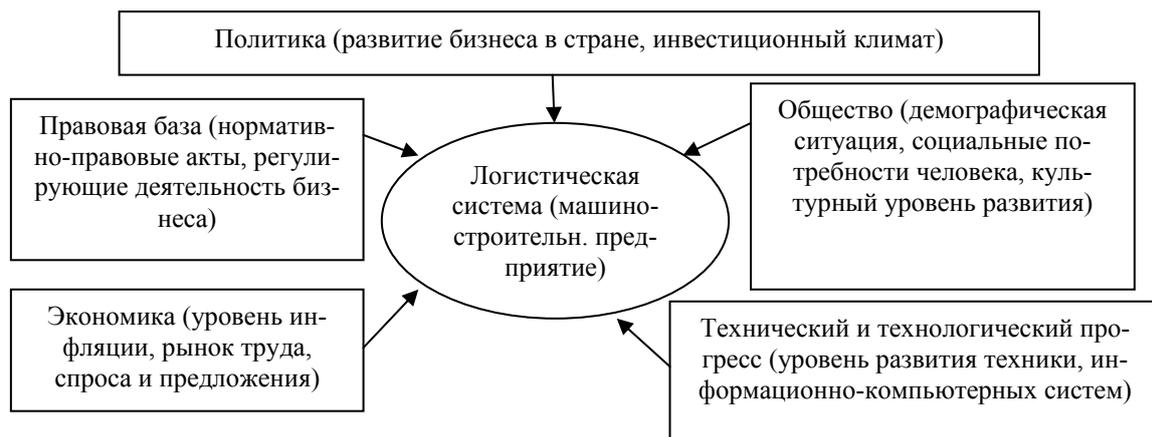


Рис. 1. Внешние факторы влияния на логистическую систему предприятия машиностроительного комплекса

Оптимизация логистической системы предприятия машиностроительного комплекса выступает как процедура поиска, оценки, выбора, проектирования и внедрения повышения качества в логистических подсистемах (закупки, транспорт, склад, планирование, распределение, сервис и др.) с учетом выбранного метода согласно логистической стратегии предприятия [2].

В качестве критерия оптимальности логистических процессов выплывает прибыль организации машиностроительного комплекса. Она является количественной оценкой деятельности предприятия, однако, на уровень прибыльности оказывают влияние и другие факторы производственного, хозяйственного, финансового функционирования предприятия. Следовательно, выделить вклад логистики в суммарный состав прибыли затруднительно. Поэтому в качестве критерия оптимальности выделим применение показателя минимума приведенных совокупных затрат.

$$C_{п} + C_{об} \rightarrow \min, \text{ где}$$

$C_{п}$ – издержки производства;

$C_{об}$ – издержки обращения.

Различают несколько видов логистической оптимизации [1; 3-5; 7]:

- оптимизация численности логистического персонала;

- процедура поиска лишних, дублирующих, вредных и ненужных функций, перестройка бизнес-процессов с высвобождением и/или перепрофилированием сотрудников на другие должностные обязанности. Часто под оптимизацией численности в России понимают сокращение персонала, что приводит к дальнейшему искажению термина. На самом деле оптимизацией численности нужно заниматься всегда, только в зависимости от стадии жизненного цикла компании в период роста - оптимизация направлена больше на ограничение роста численности, а в период стабилизации и стагнации - на поиск и повышение производительности работы сотрудников;

- оптимизация логистических затрат предприятия машиностроительного комплекса;

- процедура оценки, поиска и выбора вариантов реализации операционных логистических функций. Одним из подвидов логистической оптимизации затрат является аутсорсинг логистики. Аутсорсинг логистики – это процедура вывода за пределы компании функционала, сотрудников логистики и пр. "для получения лучшего обслуживания за меньшие деньги". В условиях российской действительности чаще всего встречается складской, транспортный и hr-аутсорсинг. При этом это касается либо компаний только выходящих на рынок, либо таким образом проводится региональная экспансия. Следует отметить, что на основе проведенного компанией Bestlog анализа возможных вариантов складского аутсорсинга, например, ключевым фактором выводить или нет склад на аутсорсинг для торговой компании - следует считать штучные складские операции. Поскольку сложившаяся тарификация компаний аутсорсеров по штучной приемке, комплектации и отгрузке - увеличивает бюджет логистики прямо пропорционально росту объема продаж и обороту склада. Поэтому важно при оптимизации логистических затрат учитывать не только возможности рынка, но и соотносить их с текущими и будущими потребностями компании;

- оптимизация логистической цепи поставок - представляет собой комплексную процедуру выбора и взаимного согласования требований к логистическим системам партнеров цепи поставок для достижения единой цели с оптимизацией по критерию эффективности. Например, консультанты Bestlog принимали участие в проектировании и внедрении системы логистических требований трехуровневой эшелонированной цепи поставок "Поставщик-Завод-Потребитель". Суть оптимизации - достижение быстрого вывода новинки на рынок. Уже сегодня глобальные компании конкурируют не только благодаря собственной логистике, а благодаря отлаженной и быстрой цепи поставок.

Таким образом, разработка и внедрение оптимизации логистических процессов представляет собой необходимый процесс в рамках функционирования предприятия с повышением конкурентоспособности его на рынке, а также максимизации получаемой прибыли при оптимизации издержек.

Литература.

1. Богданова Т.Н. Инновационная деятельность как основа управления вузом // Территория науки. 2013. №1. С. 8-11
2. Кузьменко Н.И. Научные подходы к определению понятия «Логистика» // Территория науки. 2014. Т. 2. С. 84-87.
3. Лебединская О.И. Формирование, организация и результативность внедрения агрологистики // Синергия. 2015. № 2. С. 72-76.
4. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Аутстаффинг в системе оптимизации бизнес-процессов организации // Территория науки. 2015. № 2. С. 121-124.
5. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Особенности моделирования управления цепями поставок в мебельной промышленности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 354-357.
6. Смольянинова И.В., Ахмедов А.Э. Затраты на производство продукции в системе управленческого учета предприятия // В сборнике: Учет, анализ, аудит: от теории к практике сборник научных трудов. 2015. С. 23-27.
7. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Автотранспорт в системе логистической оптимизации деятельности предприятия // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4-1 (15-1). С. 433-436.

ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ ВЕНЧУРНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В РОССИИ

М.Н. Бубин, к.г.н., доц.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-62

E-mail: mikhailbubin@rambler.ru

Проблема диверсификации современной российской экономики по сей день остается открытой. Россия очень сильно зависит от экспорта углеводородов и импорта технологий, а с введением экономических и финансовых санкций со стороны зарубежных партнеров, выдвинуло эту проблему на первое место. Существует множество подходов институционального и макроэкономического характера для ее решения. Существующая слабая диверсификация российской экономики, в основном связана с отсутствием крупных конкурентоспособных, инновационных предприятий на глобальных рынках. Одно из перспективных направлений диверсификации экономики, способствующее развитию высокотехнологичных компаний является венчурная индустрия, которая включает в себя: венчурные фонды, бизнес-ангелов, частных инвесторов и других участников этого высокорискованного инвестиционного рынка

Первое упоминание о примитивных венчурных фондах встречается в 1989 году, тогда при Госкомитете по науке и технике СССР был образован фонд по поддержке научно-технических изобретений и разработок практического характера при участии иностранных компаний. К 1994 году уже было создано 11 региональных фондов венчурного капитала на базе МГУ и Академии народного хозяйства, где принимали участие зарубежные компании. Центрами венчурного бизнеса стали города: Москва, Санкт-Петербург и Нижний Новгород. Системное формирование венчурной индустрии начало складываться с 1993 года. Тогда в результате приватизации промышленных компаний происходило становление инвестиционного рынка, и зарубежные инвесторы получили доступ на российский рынок.

С 1994 по 1996 гг. при участии Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) было основано более десяти региональных венчурных фондов с капиталом 10–30 млн. долл. в основном поддерживались предприятия с количеством персонала 200–5000 сотрудников. Инвестиционные вложения были направлены на сектор товаров народного потребления, данные инвестиции можно рассматривать как венчурные, поскольку были высокорискованными. В этот период зарождения венчурной индустрии активно функционировала Международная финансовая корпорация, входящая в состав Всемирного банка, ее деятельность была сосредоточена на инвестициях в частный сектор развивающихся стран. Также была запущена российско-американская инвестиционная программа, в результате ее реализации образовался инвестиционный фонд с капиталом 440 млн. долл.

К 1997 году уже действовало 26 инвестиционных фондов с совокупным капиталом 1,5 млрд. долл. Весной того года, 10 управляющих компаний инвестиционных фондов Европейского банка реконструкции и развития, работающих в России, подписали соглашение об основании первой профессиональной ассоциации российских инвестиционных фондов. Данная Российская ассоциация венчурного инвестирования (РАВИ) была направлена на создание и развитие рынка венчурного развития в России, причиной тому была не развитость венчурной инфраструктуры, высокорискованные инвестиционные фонды носили примитивный характер.

Начиная с 1997 года, появились первые венчурные инвестиционные фонды в современном понимании, которые были связаны с ведущими банками и холдингами. В 1998 году разразился экономический кризис, который отразился на венчурном сегменте рынка: более половины инвестиционных фондов были ликвидированы. Из фондов созданных ранее при участии Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) остались только три компании.

В 1999 году Комиссией по научно-инновационной политике при Правительстве России были определены основные направления развития венчурного инвестирования проектов в научно-технической сфере на 2000–2005гг. В 2000 году учрежден Венчурный инвестиционный фонд (ВИФ), в качестве некоммерческой организации с государственным участием. Основные цели фонда были направлены на создание организационной структуры рынка венчурных инвестиций и на мобилизацию финансовых вложений в наукоемкие инновационные проекты с высоким уровнем риска.

В 2000 году Российская ассоциация венчурного инвестирования проводила ежегодные венчурные ярмарки участников рынка прямых и венчурных инвестиций, тем самым, привлекая денежные средства для коммерческого развития. Эти мероприятия способствовали налаживанию и расши-

рению деловых контактов между специалистами, бизнесменами и представителями государственных органов в области венчурных инвестиций.

В 2001 году наблюдался рост объема рынка акционерных и венчурных инвестиций, что явилось результатом совместных усилий государства и участников рынка. В это время происходило экономическое восстановление после кризиса сопровождавшееся глобальным ростом российских ИТ-компаний: «Yandex», «Rambler», «Ozon», которые впоследствии стали лидерами Интернет-отрасли в России.

С 2002 г. отмечен этап становления и быстрого развития венчурного бизнеса, на тот момент уже действовало 36 компаний с зарубежным капиталом 3,1 млрд. долл. В 2004 году при реализации проекта «Концепции развития венчурной индустрии в России» были созданы компании по трансферу технологий, было открыто 10 новых государственных технологических фондов.

С 2005 года Министерство экономического развития реализует программу по созданию региональных венчурных фондов по развитию малых предприятий в научно-технической сфере. В результате её реализации была сформирована сеть фондов функционирующих на принципах государственного частного партнерства.

В 2006 году по распоряжению Правительства России была создана Российская венчурная компания (РВК), это был самый крупный фонд, как институт развития венчурной индустрии России. Уставной капитал РВК в основном состоял из государственных средств и на момент регистрации составил 5 млрд. руб., уже через год он удвоился до 10 млрд. руб.

С 2007 по 2012 гг. в России происходило формирование основ инновационной экономики с опорой на государственное частное партнерство, особое внимание при этом уделялось созданию целой отрасли венчурного инвестирования, как элемента инновационной экосистемы. Большой вклад в развитие российского венчурного рынка совершила РВК, основная цель, которой была направлена на стимулирование создания в стране национальной индустрии венчурного инвестирования и значительного увеличения финансовых ресурсов венчурных фондов. Так в 2009 г. Министерством экономического развития России проводилась экспертиза проектов венчурных фондов с целью контроля их деятельности. После этого, был принят Федеральный закон № 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной собственности» [4].

Важнейшую роль в развитии венчурного рынка сыграла корпорация «РОСНАНО», которая в 2009 году совместно с РВК создала посевные фонды в рамках корпораций. Было достигнуто соглашение между ММВБ и РОСНАНО по созданию нового биржевого сектора – рынка инноваций и инвестиций. По итогам 2009 года РОСНАНО перечислила 66,4 млрд. руб. в бюджет России.

Существенный скачок в развитии российской венчурной индустрии произошел в 2010–2012 гг. Принятая в 2011 году «Стратегия инновационного развития России до 2020 года» [1], стимулировала развитие инновационной инфраструктуры. С 2010 по 2012 гг. рынок венчурных инвестиций увеличился в три раза, тем самым объем венчурных сделок составил 30–32 млрд. рублей. По итогам 2012 года Россия поднялась на четвертое место в Европе по объему венчурных инвестиций в отраслях высоких технологий. Общий объем финансовых вложений в инфраструктуру венчурного рынка с учетом крупных сделок достиг 1,5 млрд. долл., при этом увеличилось количество активно действующих венчурных фондов до 160, а их капитализация составила 4,56 млрд. долл. в 2012 году.

С начала 2012 года вступил в силу Федеральный закон № 335-ФЗ «Об инвестиционном товариществе» [3], который был направлен на стимулирование создания и повышение эффективности деятельности числа венчурных фондов, но его практическое применение стало возможным лишь в 2014 г. после внесения в него необходимых поправок.

С 2013 года под воздействием внутренних и внешних факторов наблюдалось сокращение темпов роста венчурной индустрии из-за уменьшения прироста российской экономики. Негативные тенденции экономики привели к сокращению расходов бизнеса и частных инвесторов в проекты, связанные с внедрением результатов исследований и высокотехнологичных разработок. Сложные экономические условия сказались на темпах реализации ряда программ, направленных на поддержку процессов технологической модернизации, что, в целом, не способствовало ускоренному развитию российской венчурной инфраструктуры.

Несмотря на существующие проблемы, система венчурных фондов продолжала увеличиваться. В 2013 году функционировало уже 200 венчурных фондов с капиталом 5,5 млрд. долл., при этом объем совершаемых сделок уменьшился до 653,1 млн. долл. Важный положительный момент того

периода – рост активности бизнес-ангелов. По итогам 2013 года РФ заняла 3 место в Европе по объему рынка бизнес-ангельских инвестиций.

2014 год отмечен негативным воздействием внешнеполитических и макроэкономических факторов на венчурную индустрию. Из-за обострения международной обстановки зарубежные партнеры снизили или свернули свою активность в России. Общий объем сделок в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом сократился на 26% и составил 480,9 млн. долл. По итогам года на российском венчурном рынке сохранилась активность частных инвесторов на ранних стадиях развития инновационных проектов. В 2014 году российская венчурная индустрия заняла третье место в Европе по количеству сделок.

В 2015 году российский рынок венчурного инвестирования носил чрезвычайный характер. Зарубежные венчурные инвесторы продолжали занимать прежнюю позицию, сократилась активность российских венчурных инвесторов, отмечалась переориентация российского венчурного капитала на более зрелые и стабильные инновационные рынки других стран. Объем рынка, по разным показателям, за первое полугодие составил 150–200 млн. долл. Благодаря государственным институтам и Российской венчурной компании, а также активности некоторых участников рынка в 2015 году удалось избежать его кратного падения [2].

Таким образом, российская венчурная индустрия находится на стадии эволюционного становления. Необходимо учесть, что на формирование устойчивой венчурной системы США ушло 45 лет, Европы – 25. В России есть возможности и предпосылки для развития венчурной инфраструктуры, среди которых следует отметить:

- привлекательность венчурного рынка для российских и международных инвесторов в условиях активной поддержки отрасли со стороны государства;
- совершенствование сервисной инфраструктуры венчурного рынка России и национальной инновационной системы;
- принятый государством курс на импортозамещение, способствует увеличению спроса на продукцию российских инновационных компаний;
- реализация Национальной технологической инициативы принятой в 2014 году, открывает новые возможности частного капитала на венчурном рынке России.

Индустрия венчурного инвестирования является одним из важнейших элементов инновационной системы России, содействующая существенному росту производства конкурентоспособной высокотехнологичной продукции и услуг, ускоренной коммерциализации интеллектуальной собственности и реализации отечественного научно-технического потенциала в условиях рыночной экономики. Она имеет все предпосылки стать диверсифицирующим инструментом экономики России, стимулирующим быстрый прогресс её инновационного сектора, где существенным фактором, определяющим развитие, является богатый природно-ресурсный и научный потенциал страны.

Литература.

1. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года». – Собрание законодательства РФ от 02.01.2012. – №1. – ст.216.
2. Стратегия развития отрасли венчурного инвестирования в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs>
3. Федеральный закон Российской Федерации от 28 ноября 2011 г. N 335-ФЗ «Об инвестиционном товариществе» // Российская газета от 7 декабря 2011. – № 5651.
4. Цыдыпов Р.Ж. Становление институциональной среды венчурного предпринимательства в России // Проблемы современной экономики. – № 2 (42). – 2012. – С. 162.

СИСТЕМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

П.М. Глеков, ст. преподаватель

Воронежский экономико-правовой институт

394042, г. Воронеж, пр. Ленинский, 119а, тел. (473)-272-79-39

E-mail: amista2007@rambler.ru

В настоящее время в экономике кластерный подход занимает весомое место, привлекая к себе внимание многих ученых. Это связано, в основном, с тем, что спектр применения данного подхода весьма многообразен и применяется, как в области биологических и социологических наук, так и в археологии, не говоря о том, что главное место кластеры занимают в экономике.

Для нормальной и эффективной адаптации кластеризации в регионах необходимо четкое определение понятия «кластер». Кластерное развитие представляет собой популярную концепцию, однако, без четкого определения данного термина, т.к. всякие попытки дать единое определение потерпели фиаско. Многие современные ученые отмечают, что уже никто и не пытается дать единое и единственное определение данному процессу. Конечно, существуют определенные признаки кластеризации [2].

М.Портер дает определение кластеру, как «группе географически соседствующих взаимосвязанных компаний (поставщики, производители и др.) и связанных с ними организаций (образовательные заведения, органы государственного управления, инфраструктурные компании), действующих в определенной сфере и взаимодополняющих друг друга» [1]. Отсюда можем сформулировать понятие кластеризации в разрезе машиностроительного комплекса как форму территориально-отраслевой структуры производства, которая благоприятствует воплощению инновационных проектов экономического развития отрасли машиностроения, обуславливая синергетический эффект альянса с разнообразными региональными и отраслевыми институтами с непосредственным участием и поддержкой МСУ.

Кластерный подход позволяет рассмотреть и охарактеризовать данную отрасль в разрезе конкретной территории, ее особенностям. Применительно к этому он расширяет традиционный отраслевой подход, т.к. анализу подвергается отрасль не только с позиции ее развития на данный момент, но и с учетом ее возможностей в долговременной перспективе. Необходимо отметить, что участники кластера находятся в реальной взаимозависимости друг от друга, поэтому неэффективное функционирование одних элементов кластера может стать толчком к отрицательной динамике развития других кластерных элементов.

Организация и реализация кластерного подхода в отрасли машиностроения отвечают на следующие требования рынка [5]:

- повышение уровня регионального разделения труда;
- концепция современного маркетинга ориентирована на потребителя;
- ограниченность и дефицит энергоресурсов и сырья в стратегическом масштабе для подавляющего числа государств и т.д.

Положительным моментом в создании данного машиностроительного кластера выступает также создание единого информационного пространства общения, распространения знаний, новых технологий, инновационной продукции. Внутри кластерной сети быстрее распространяется информация, поэтому ее участники могут быстро и адекватно реагировать на изменения как внешней, так и внутренней среды, и принимать верные эффективные решения. Наличие общих ресурсов, взаимосвязь традиций и инноваций, сочетание сотрудничества и соперничества позволяют участникам кластера реализовывать совместные проекты, укрепляющие положение каждого подразделения.

Политика кластеризации требует дифференцированного подхода (Рисунок 1). Важным является принцип выделения всех существующих в машиностроительной отрасли кластерных образований: развитых и потенциальных.



Рис. 1. Схема реализации задач кластерной политики машиностроительного комплекса

Так, процесс кластеризации машиностроительного комплекса – это совокупность предприятий (организаций), университетов и иных фирм, которые связаны в машиностроительной области в определенном регионе, где синергетический эффект достигается путем конкуренции и кооперации между участниками [3]. Отличительной характеристикой машиностроительного кластера является открытость, т.е. распространение вне региональных сетей и выход для использования внешних ресурсов. Устойчивое развитие стратегии кластеризации дает возможность качественного повышения инновационной политики машиностроительного комплекса [4].

Особенности кластеризации в машиностроительном комплексе в региональном разрезе характеризуются следующими особенностями:

- наличие концентрации основной массы хозяйствующих субъектов – участников кластерной системы;
- наличие организации – лидера, который определяет различного рода стратегии развития: хозяйственную, инновационную, управленческую, техническую и другие;
- наличие крепких хозяйственных связей в долгосрочном масштабе в области кластерной организации, которые включают ее связи на межрегиональном и международном уровне;
- наличие координации взаимоотношений в долговременной перспективе всех членов кластерной организации в разрезе из внутрирегиональных и национальных планов развития;
- наличие эффективного менеджмента организации в рамках кластера, обеспечивающего контроль процессов функционирования предприятия, а также постоянного мониторинга деятельности организации в рамках кластерной системы региона.

Региональная кластеризация машиностроительного комплекса обеспечивает доступ к специализированным факторам производства (новое оборудование, технологии, квалифицированный персонал, развитие инфраструктуры и пр.), позволяет аккумулировать необходимую информацию.

Важной особенностью в процессе разработки кластерной политики машиностроительного комплекса является то, что нельзя и невозможно простое копирование того, что есть в других отраслях. Эффективные кластерные системы базируются на особенностях конкретной отрасли и региона, которые необходимо преобразовать в источник конкурентных преимуществ.

Нельзя не отметить, что развитие любой кластерной системы, особенно отраслевой, невозможно и нецелесообразно без непрерывного мониторинга эффективности развития кластерной системы. В современной экономике, где правят рыночные законы хозяйствования, просто необходимо вырабатывать умение существовать в рамках этих законов, а также должным образом выполнять их и им соответствовать [1].

Как отмечалось ранее, положительный эффект от стимулирования кластерной системы машиностроительного комплекса достижим при существовании стратегии регионального развития, при разработке которой необходимо учитывать все основные точки отраслевого роста в целом. В разрезе региона кластерные системы, аккумулируя в себе фундаментальную науку, НИОКР, а также вновь разработанные высокотехнологические производства для обновления промышленности, диагностируют главенствующие направления инвестирования. Отсюда следует, что привлечение инвестиционных вложений в развитие и функционирование кластерной системы машиностроительного комплекса обеспечит мультипликационный эффект регионального развития. Кластеры, как система развития машиностроительной отрасли, благоприятствуют установлению новой техники и технологий, совершенствованию наукоемких производств, чем гарантируют надежность экономики региона в постоянно развивающейся среде рыночных условий.

Однако перспективы развития предприятий машиностроительного комплекса на основе кластерного подхода в России на современном этапе оцениваются неоднозначно. С одной стороны, наличие благоприятных условий для развития: потенциала рынка, рост потребительского спроса; с другой,- наличие экономических рисков. Конечно, здесь не обойтись без реформирования и развития инновационной деятельности кластера, начиная от совершенствования менеджмента и маркетинга, заканчивая модернизацией технологических процессов (Рисунок 2).



Рис. 2. Механизм функционирования регионального инновационного кластера машиностроительного комплекса

В этой связи для эффективного регионального развития кластерной системы машиностроительного комплекса необходим взаимовыгодный диалог между кластером и региональными властями, где однозначно должен быть достигнут определенный консенсус во взаимоотношениях.

В качестве повышения эффективности региональной кластеризации машиностроительного комплекса можно рассматривать следующие показатели:

1. Коэффициент инвестиционной привлекательности:

$$K_{ин} = \frac{\sum_{ок}}{I_{общ}}, \text{ где}$$

$\sum_{ок}$ – сумма инвестиций в основной капитал, поступающая на компоненты машиностроительных кластеров;

$I_{общ}$ – суммарные инвестиции в основной капитал, привлеченные в кластер.

2. Коэффициент экономического регионального развития:

$$K_{сэр} = \frac{I_{рк}}{ВРП}, \text{ где}$$

$I_{рк}$ – объем производства субъектов машиностроительных кластеров;

ВРП – валовой региональный продукт.

Наиболее развитые кластерные образования включают в себя пять особенных характеристик, из которых первые три можно рассматривать, как стартовые предпосылки для формирования кластеров в отрасли машиностроения:

1. Наличие конкурентоспособных предприятий;
2. Наличие в регионе территории конкурентных преимуществ для устойчивого развития кластера;
3. Географическая концентрация и близость для активного взаимодействия;
4. Обширный состав участников и наличие «критической массы»;
5. Наличие связей и взаимодействия между участниками кластеров.

Таким образом, функционирование кластерной системы машиностроительного комплекса целесообразно, так как ведет к повышению уровня экономического эффекта региона, его конкурентоспособности, как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Поэтому без конструктивного и продуктивного диалога между бизнесом и властями региона, активной помощи и поддержки органов местного самоуправления, нельзя говорить о полной эффективной деятельности машиностроительного кластера в определенном регионе страны. Данные механизмы дают возможность максимизировать использование имеющихся ресурсов, активно реализовывать инновационную деятельность кластера и т.д. Непрерывный мониторинг происходящих процессов в рамках регионального кластера поможет своевременно проводить определенную корректировку, доработку и адаптацию кластера к постоянно изменяющимся реалиям современной экономической и политической ситуации, как региона и страны, так и мира в целом.

Литература.

1. Глеков П.М. Совершенствование механизма устойчивого развития предприятия в условиях нестабильности внешней среды // Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты: Материалы II Международной научно-практической конференции. 2014. С. 178-182.
2. Шаталов М.А., Ахмедов А.Э. Совершенствование механизма государственного регулирования металлургического комплекса в условиях нестабильности внешней среды // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2015. № 1. С. 67-73.
3. Шаталов М.А., Мычка С.Ю., Лободенко Ю.В. Механизм обеспечения устойчивого развития предприятия // В сборнике: Исследования молодых ученых: экономическая теория, социология, отраслевая и региональная экономика. сборник статей. Министерство образования и науки РФ, Новосибирский государственный университет, Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. 2014. С. 153-156.
4. Шаталов М.А., Ахмедов А.Э., Мычка С.Ю. Кластерный подход развития регионов // Территория науки. 2015. № 2. С. 142-145.
5. Шаталов М.А., Ахмедов А.Э., Блащенко Б.О. Формирование региональных экономических систем на основе кластерного подхода // Научно-исследовательские публикации. 2015. Т. 1. № 1 (21). С. 20-26.

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ, ПОЛИТИЧЕСКИХ И ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫХ ФАКТОРОВ НА ДЕЛОВУЮ АКТИВНОСТЬ И ПРОЦЕССЫ РАЗВИТИЯ КУЗБАССКОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КООПЕРАТИВА «ЕДИНСТВО» В МОНОГОРОДЕ ЮРГА. (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАРКЕТИНГОВОГО МОНИТОРИНГА)

С.В. Кучерявенко, к.филос.н, доц., В.А. Трифонов, к.э.н., доцент

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)7-77-62

E-mail: serg_kuch60@mail.ru, v.trifonov@rambler.ru

Маркетинговое исследование проводилось в рамках Программы научного социологического исследования по теме «Изучение влияния социально-экономических, политических и деятельностных факторов на деловую активность и процессы развития Кузбасского потребительского кооператива «Единство» в г. Юрге» в качестве третьего этапа мониторинга, начатого в 2002 г. и продолженного в 2008 г. [1]

Исследование вновь проводилось методом телефонного интервью случайно выбранных респондентов, а также прямым опросом пайщиков в офисах КПК «Единство». Телефонное интервью проводила социологическая группа из студентов 2 курса ЮТИ ТПУ в количестве 2 человек. Прямой опрос осуществляла группа студентов 4 курса ЮТИ ТПУ в количестве 4 человек. Все интервьюеры и анкеты были подробно проинструктированы руководителем группы и снабжены комплектом документов, состоящим из памятки, списком случайно выбранных телефонных номеров (для интервьюеров), вопросниками (для интервьюеров) и анкетами (для анкетеров), а также специальными накопителями результатов опроса для первичной обработки полученной информации.

Методологической базой исследования являются рекомендации В.А. Ядова [2] и авторская методология диагностического анализа сложных человекообразных систем [3].

В телефонном интервьюировании применена репрезентативная случайная выборка (с обыкновенной - от 3% до 10% допустимой ошибки выборки с доверительным интервалом распределения на уровне 0.1), позволяющая экстраполировать выводы исследования на все взрослое (с 16 лет) население моногорода Юрга.

Телефонным интервью было охвачено 100 респондентов (31 мужского и 69 женского пола), что объясняется значительным удорожанием данного вида исследования по сравнению с предыдущими этапами. Кроме того, главной задачей социологического мониторинга как раз и является выявление положительных и отрицательных тенденций в исследуемой сфере, которое возможно и вполне репрезентативно с обозначенной выше выборкой. Выборочную совокупность исследования составили все основные слои населения, различающиеся по полу, возрасту, образованию, статусу занятости.

Телефонное интервью показало, что за прошедшие с предыдущих опросов четырнадцать в Юрге не осталось взрослого населения, не осведомлённого о существовании в городе кредитных потребительских кооперативов, в том числе КПК «Единство».

Пайщиками различных кредитных кооперативов назвали 33 проинтервьюированных по телефону юргинца, в том числе 24 человека, или 72,7% от количества всех пайщиков состоят в КПК «Единство» (по результатам 2008 г. лишь 37,3% - рост на 35,4%); по 3 человека (или по 9,1%) являются пайщиками «Щита» и «Машиностроителя», 2 человека (6,1%) – «Квазара» и 1 человек (3%) состоит в «Глобусе». В любом случае отмечается почти двукратный (с 16,6% в 2008 до 33% в 2016 г.) рост количества пайщиков кредитных кооперативов, обеспеченный, в основном, за счёт роста числа пайщиков КПК «Единство».

До сих пор большинство юргинцев не покинула уверенность в том, что именно в кредитных кооперативах проще получить ссуду (31%), нежели в банке (19%) или у частного лица (1%) либо на своём предприятии (0%). В 2002 и 2008 г.г. относительный «расклад» был примерно тот же, соответственно, в КПК – 42% (- 11%), в банке – 34% (- 15%); у частного лица – 15% (- 14%), на своём предприятии – 9% (- 9%).

Показательно, что кардинально поменялось мнение юргинцев относительно их информированности о деятельности КПК и, в частности, «Единства». Так, в 2002 году 61% респондентов считали недостаточной информацию о деятельности кредитных кооперативов в нашем городе, в 2008 году уже 62% считали её вполне достаточной и в последнем опросе таких респондентов почти не оказалось.

Тем не менее, основной канал распространения подобной информации за четырнадцать лет изменился незначительно: горожане по прежнему предпочитают получать её «друг от друга» - 51% (в 2002 году было 46%, в 2008 г. – 48%). А вот далее рейтинг СМИ значительно поменялся. Так, на второе место вышло местное телевидение –17%, в т.ч. 10% ЮТРК и 7% ЮТВ. Прежде на втором месте была пресса, переместившаяся ныне на 3 место (9%, в т.ч. «Новая газета» 6% и «Юргинский резонанс» - 3%, газета «Юрга» не названа). Радио «Кузбасс FM» с информацией о деятельности КПК «Единство» слушают 4%, радио «Тон» - 1%, «Авторadio» и радио «Шансон» названы не были. Кстати, именно в 2008 г. появилась первая «Net-ласточка»: одна женщина назвала в качестве источника, из которого она получает информацию о деятельности КПК «Единство» Интернет! Тогда 20% проинтервьюированных по телефону юргинцев затруднились с ответом на данный вопрос. Сейчас у «Единства» замечательный сайт [4], который, однако, имеет слабую обратную связь (интерактив).

Интересно проанализировать тенденцию, обозначенную вопросом «Есть ли у Вас сейчас необходимость в каком-либо дорогостоящем приобретении?». Четырнадцать лет назад 61% опрошенных не нуждался в подобной покупке. В 2008 г. этот показатель вырос на 5 пунктов и составил 66%. В 2016 г., скорее всего, из-за затянувшегося в России кризиса и резкого снижения доходов населения он упал до 42%. Тем не менее, услугами кредитных потребительских кооперативов на сегодняшний день уже воспользовались 38% опрошенных горожан, в том числе 28% в КПК «Единство», по 3% соответственно в КПК «Щит» и «Машиностроитель», 2% - в «Квазаре» и по 1% - в «Глобусе» и «ККА»

Как и ранее, мешают воспользоваться услугами КПК «Единство», прежде всего, высокие проценты (18% опрошенных); невыгодные условия (12%); сроки займа (5%); сумма займа (3%). Резко (до 2%) снизилась у потенциальных пайщиков «боязнь волокиты». Но затруднилось ответить на данный вопрос 64% опрошенных юргинцев, которые и являются, на наш взгляд, благодатной основой для дальнейшего развития кредитно-кооперативного движения в городе.

Прямым опросом пайщиков КПК «Единство» в его офисе было охвачено 50 человек по всем важнейшим демографическим характеристикам. В сущности, это довольно образованные люди, в подавляющем большинстве трудоспособного возраста и работающие в тех или иных структурах.

За прошедшие с предыдущих опросов годы кардинально поменялась «ветеранская» структура КПК «Единство». Ныне в рядах кооператива преобладают «ветераны», отдавших «родному кооперативу» свыше десяти лет. В первую очередь, полагаем, такой состав пайщиков и должен соответствовать имиджу «Единства» как старейшего и наиболее успешного кредитного кооператива не только в городе и даже в области, но и в целом по стране. Не секрет, что любая уважающая себя компания стремится к завоеванию такого сегмента рынка, который именуется «постоянными клиентами». А их у «Единства» - преобладающее большинство.

Одной из основных причин такой верности своему КПК является ответ на следующий вопрос анкеты: «Сколько раз Вы получали ссуду в КПК «Единство?». Абсолютное большинство опрошенных пайщиков – 36% - ответили, что это было пять и более раз; 13,5% - четыре раза; 13% - три раза, 15% - два раза; 15% - один раз, и лишь 7,5% ещё не воспользовались такой услугой своего кооператива.

Как и в предыдущих опросах, ещё большее число пайщиков впервые получили информацию о деятельности КПК «Единство» из неформальных источников, то есть от других людей. И это ещё раз, во-первых, подтверждает объективность обеих форм (т.е. телефонного интервью и прямого опроса пайщиков) данного маркетингового исследования, во-вторых, свидетельствует о низкой эффективности рекламной деятельности кооператива.

Приятно отметить, что почти три четверти, или 74,5% респондентов, по их мнению, достигли своей цели, вступив в КПК «Единство», 9% не достигли (наверно, 7,5% из них это те, кто ещё не успел получить ни разу ссуду), и 16,5% затруднились с ответом на этот вопрос.

Следующие вопросы анкеты были посвящены условиям членства в кооперативе (анализ тенденций проводится не по всем вопросам, а лишь по тем, которые остались неизменными с предыдущих опросов).

Итак, 70% опрошенных пайщиков заявили, что их вполне устраивают сроки вкладов в КПК «Единство», 10% не устраивают и 20% затруднились с ответом. А вот удовлетворённых процентами по их вкладам оказалось, как и следовало ожидать, намного меньше, а именно 45% опрошенных вкладчиков; 25,5% предоставляемые проценты не удовлетворяют и ещё 29,5% затруднились с ответом на данный вопрос.

Значительно снизилось (с 87% до 58,5%) количество пайщиков, которые удовлетворены разнообразием видов займов в КПК «Единство» (12% не удовлетворены, 29,5% затруднились с ответом). Более чем в два раза снизилось число респондентов, которых не устраивала процедура оформления займа в КПК – прогресс налицо! Напомним, что в 2002-2008 гг. в качестве основных причин недостаточно высокого уровня обслуживания пайщиков указывались: большая очередь; долго ждать выдачи денег; отношение к своей работе сотрудников КПК; малочисленность штата кооператива. Последний опрос высветил такие причины, как: медленное оформление займов; невозможность переоформить доверительный заём для того, чтобы гасить его в случае болезни родственника; необходимость поручителей. Видимо поэтому возросла доля опрошенных, оценивающих уровень качества обслуживания как высокий.

Примечательно, что за четырнадцать лет существенно среди опрошенных пайщиков КПК «Единство» снизилось число тех, кто по тем или иным причинам одновременно являются пайщиками других кредитных кооперативов, функционирующих в нашем городе. В основном ими выбран КПК «Машиностроитель» (17%), «Щит» (13%); «Кредо» (6%, кстати, его доля снизилась по сравнению с 2002 годом на 52,8%!); «Глобус» (5%); «ККА» и «Квазар» (по 2%); «Взаимный» и «Кузбасский» (по 1%). Данный факт свидетельствует о существенном росте конкурентоспособности КПК «Единство» в моногороде Юрга.

Причины, по которым люди идут в другие кредитные учреждения, остаются прежними. Это: острая нехватка денег (19,5% по последнему опросу, 34,7% - по предыдущему); интерес к деятельности конкурентов (8% и 33,6% соответственно) и более выгодные условия, в частности, более низкие процентные ставки по займам (5% и 31,8%). 16,5% затруднились с ответом на этот вопрос анкеты. Необходимо отметить снижение доли социально активных пайщиков КПК «Единство» по сравнению с предыдущими этапами исследования.

Таким образом, все выдвинутые в программе исследования гипотезы подтвердились, что даёт основание отметить наиболее позитивные тенденции в развитии исследуемой организации. Как показали данные и телефонного интервью, и прямого опроса пайщиков, КПК «Единство» за 15 лет позиционируется как устойчивая, высокоэффективная кредитная организация с привлекательным для подавляющего большинства населения имиджем. Это связано со значительно выросшей привлекательностью кредитно-кооперативного движения в целом по городу, не в последнюю очередь, обу-

словленную успешной и весьма эффективной деятельностью именно КПК «Единство», количество пайщиков которого на порядок превышает аналогичный показатель конкурентов. Отрадно, что подавляющее большинство пайщиков достигли своей цели, вступив в «Единство», косвенно подтверждает это коллективное мнение и весьма высокая оценка уровня качества обслуживания пайщиков данного КПК. А это, в свою очередь, обусловлено значительно выросшей за последние пять лет удовлетворённостью процедурой оформления займов [5].

Эффективный менеджмент организации привёл к устранению большинства причин недостаточно высокого уровня обслуживания, что также ярко высветилось при проведении очередного опроса пайщиков в 2016 году. Исследование выявило и вновь открывшиеся предпочтения существующих и потенциальных пайщиков кредитного кооператива, связанные, в основном, с использованием новых информационных технологий в сфере сервиса и услуг.

Нашла своё подтверждение и гипотеза о тесной связи всех позитивных подвижек в деятельности кооператива с изменениями демографического характера в составе внешней и внутренней среды исследуемой организации. Так, заметно повысилась доля пайщиков, имеющих образование не ниже среднего (почти 95% от всех опрошенных в офисе). Самое главное достижение КПК «Единство» в отмеченной сфере – сложившаяся мощная постоянная клиентура, являющаяся гарантией долговременного и уверенного существования организации.

Гипотеза, связанная с изменениями в рекламно-информационной деятельности также практически полностью подтвердилась: кардинально поменялось мнение юргинцев относительно их информированности о деятельности как кредитных потребительских кооперативов в целом, так и «Единства» в частности, почти не осталось в городе людей, не знающих об этой организации. Однако это достигнуто отнюдь не с помощью средств массовой информации, доля которых в общем потоке усвоенной информации остаётся весьма низкой (как и четырнадцать, и шесть лет назад), а за счёт средств неформальных коммуникаций. Это проявление одной из немногих негативных тенденций, выявленных социологическим мониторингом.

Ещё одним из «негативов», носящим, правда, объективный характер, является тенденция к падению спроса населения города на дорогостоящие товары. Это связано в том числе и с высокими, по мнению значительной части респондентов как телефонного интервью, так и прямого опроса пайщиков, ставками по займам, и низкими – по вкладам, которые, конечно же, также носят объективный характер. Однако разнообразить виды и формы займов и вкладов вполне под силу руководству кооператива. Необходимо отметить также снижение доли социально активных пайщиков КПК «Единство» по сравнению с 2002 и 2018 годами, хотя, с другой стороны, это может быть связано с ощущаемым пайщиками ростом эффективности внутреннего менеджмента данной организации и уверенности в его компетентности.

В качестве рекомендаций можно предложить следующее.

1. Разработать собственную рекламно-информационную программу с привлечением высококлассных специалистов в этой области, так как наблюдаемый процесс «старения» контингента пайщиков неизбежно приведет к проблеме расширения рядов кооператива за счёт рекрутируемой молодёжи. В этой связи жёстко откорректировать методы сотрудничества с местными СМИ, особенно с радиостанциями.

2. Изучить дополнительные возможности привязки членства в КПК со стимулированием продаж дорогостоящих товаров и услуг (провести соответствующее маркетинговое исследование).

3. Продумать более гибкую (изохронную) систему процентных ставок по займам и вкладам, не выходя за их разумные для рентабельной деятельности организации, пределы. С этой целью разработать новые виды займов и вкладов в КПК, разнообразие которых снизилось согласно результатам опроса.

4. Внедрить постоянно действующую «обратную связь» с пайщиками в виде (по степени предпочтительности) регулярно проводимой «прямой линии», «почтового ящика», приёма представителями высшего менеджмента. Более активно использовать для этого сайт КПК в Интернете, участвовать в форумах в других соцсетях.

5. Принять меры по активизации пайщиков к участию в собраниях кооператива (моральное и материальное поощрение, конкурсы, розыгрыши призов, в том числе на городском уровне – для реализации социальной составляющей миссии организации).

6. Продолжать данный социологический мониторинг.

Напомним, что маркетинговыми исследованиями 2002-2008 гг. были выявлены некоторые недостатки в деятельности КПК «Единство», которые, на наш взгляд, были вполне устранимы с помощью мер организационно-распорядительного воздействия, т.е. не требующих каких-то дополнительных финансовых вливаний. Прислушавшись к рекомендациям социологов, руководители внесли соответствующие коррективы в свою деятельность, и результаты не заставили себя ждать. Таким образом, подтверждена в высшей степени необходимость «держатъ руку на пульсе общественного мнения» с помощью независимой социологической организации.

Литература.

1. Кучерявенко С.В., Чеховских К.А. Из истории становления социологического научного направления кафедры гуманитарного образования ЮТИ ТПУ// Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 6. – С. 177-181.
2. Ядов В.А. Социологическое исследование: методология, программа, методы. – URL: <http://socioline.ru/pages/yadov-va-sotsiologicheskoe-issledovanie-metodologiya-programmametody> (Дата обращения 14.03.2016 г.)
3. Кучерявенко С.В., Быстрова А.Н. Диагностический анализ как методология познания сложных систем// Томск: Изд-во ТПУ– 2012– 131 с.
4. Единство. Кредитный потребительский кооператив. – URL: <http://www.kpkedinstvo.ru/hmenu1/> (Дата обращения 14.03.2016 г.)
5. Трифонов В.А., Боровик С.В. Организация и управление деятельностью кредитных потребительских кооперативов по ограничению процентных ставок по займам в моногороде Юрга // Экономика и предпринимательство, 2015. - №10 (ч.2). – С. 352 -356.

ЭФФЕКТИВНАЯ КОНТЕКСТНАЯ РЕКЛАМА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ИНЖЕНЕРНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «А-ИНЖИНИРИНГ»

О.И. Димитрова, преподаватель высшей категории,

МАОУ «Гимназия города Юрги»

652050, Кемеровская обл., г.Юрга, ул. Московская 48, тел. 6-78-56

Email: dmolga@rambler.ru

Кризис в нашей стране коснулся каждого. Особенно сильно он затронул агропромышленный комплекс. На сегодняшний день у каждого предприятия есть свой сайт. Из-за огромной конкуренции сайтов добиться первых мест в выдаче поисковых запросов практически невозможно. Существуют современные эффективные методы продвижения сайта в интернете. Контекстная реклама есть в поисковых системах Яндекс, Рамблер, Google, Mail.ru, она позволяет продать продукцию, даже если у вас не раскрученный сайт, с точки зрения сео-оптимизации. Видов контекстной рекламы много, рассмотрим на примере интернет-рекламы — Яндекс.Директ.

Интернет реклама позволяет привлекать посетителей сайта - потенциальных покупателей с помощью контекстной рекламы на страницы интернет-магазина. При грамотной настройки и запуска контекстной рекламы можно увеличить количество людей переходящих по целевым объявлениям.

Преимущества при работе с контекстной рекламой Яндекс.Директ:

- 1) максимальный охват целевых посетителей
- 2) контекстную рекламу можно поставить на автопилот, изредка корректировать настройки и тогда реклама будет приносить качественный трафик
- 3) не требует больших вложений
- 4) подробный анализ, дает возможность детально проанализировать рекламную кампанию, изменить некоторые параметры, тем самым увеличить эффективность и значительно снизить цену за клик.

Недостатки контекстной рекламы:

- 1) очень тонкие настройки - является тонким инструментом Интернет-рекламы, изучение данных настроек приведет к их эффективному применению.
- 2) высокая конкуренция и большая цена за клик, т.к. растет конкуренция в поисковой выдаче и повышается цена за клик.

Ошибки при запуске и настройке контекстной рекламы

- 1) Использование легкого интерфейса не дает возможности полностью управлять своей рекламной кампанией. Используйте только профессиональный интерфейс.

2) Подбор общих ключевых слов дает нецелевых клиентов. Используйте исключительно максимально целевые запросы, чтобы исключить нецелевой трафик.

3) Узкий набор ключевых слов приводит к минимуму показов и мало кликов по объявлению. Необходимо использовать сленг, слова-синонимы, и ошибки в словах, которые допускают пользователи

4) По возможности применять высокочастотные ключевые запросы.

5) Не использовать слова бесплатно, форум, скачать т.к. они привлекают нецелевых посетителей.

Рассмотрим работу интернет-рекламы — Яндекс.Директ применительно к сайту <http://agro-i.ru> предприятия по производству экструдеров, т.е. зернодробилок инженерно-производственного предприятия ООО «А-ИНЖИНИРИНГ» г.Новосибирск. Основным направлением деятельности является разработка и изготовление оборудования для производства кормов. Сайт изначально не был оптимизирован под поисковые запросы, разработан сравнительно недавно, т.е. вывести сайт по поисковым запросам в первые три месяца практически невозможно.

Проводя анализ сайта agro-i.ru, было выявлено следующее:

- отсутствие текста на главной странице по основному продвигаемому запросу для сайта «Оборудование для изготовления кормов»

- отсутствие в заставке необходимой информации по предприятию: телефон, адрес предприятия, E-mail

- нет информации о самом предприятии, его достижениях, сертификатах

- отсутствие информации о гарантиях на выпускаемое оборудование

- ничего не говорится о запчастях и комплектующих деталях и прочее

- необходимо создать меню (рубрику) вопросы и ответы где разместить часто задаваемые вопросы клиентов.

Анализ тематических запросов выявил, что у потенциальных потребителей есть вопросы по подключению агрегатов к однофазной сети (220 в). Много вопросов по долговечности систем и комплектующих, по поставкам запчастей. Например, при расчете основной шнек экструдера рассчитан на 240 часов непрерывной работы. Когда экструдер в горячий сезон будет работать по 10 часов, то шнек придется менять через 24 дня! Запчастей не напасешься. Вопросов по обслуживающему персоналу. Получается к каждому аппарату необходим один обслуживающий работник. Какова должна быть его квалификация, нужен допуск для электрика? Сможет ли один человек обслуживать несколько аппаратов?

Также для каждого из заказчиков важна цена продукции. В условиях кризиса цена на продукцию очень условна. Но организовать такое меню просто необходимо, где можно указать относительные цены, или цены на какой-то условный период. Для хорошей индексации поисковыми системами важен текст с фразами: цена экструдера, стоимость зернодробилки. В данной рубрике разместить калькулятор стоимости продукции в зависимости производительности, опций и пр.

Для продвижения сайта на первые страницы выдачи поисковых систем Google, Yandex была проведена публикация статей на строительных и информационных порталах:

Источники Рекламных компаний отчет по посетителям сайта www.agro-i.ru

Период: 14-02-2016 00:00:00 - 14-03-2016

Рекламная кампания	Посещений	Всего обращений	Типы обращений				Конверсия, %
			Звонки	Чаты	Заявки	Цели	
Яндекс.Директ [интегрированная]	5498	63	0	0	63	0	1.15
Грануляторы яндекс	979	37	0	0	37	0	3.78
Посетители без рекламной кампании	942	14	0	0	14	0	1.49
Поисковое продвижение	238	11	0	0	11	0	4.62
Google AdWords [интегрированная]	20	0	0	0	0	0	0.0
Всего	7677	125	0	0	125	0	1.63

Из таблицы видно, что наибольшее количество посетителей идет с Яндекс.Директ. Достаточно много посещений дают «Посетители без рекламной кампании». Такие типы обращений как Звонки и Чаты могли бы обратить посетителей сайта в покупателей, но на сайте нет бесплатного звонка и чата. Необходимо внести изменения на главной странице сайта инженерно-производственного предприятия ООО «А-ИНЖИНИРИНГ» г.Новосибирска и предоставить полную информацию о деятельности предприятия, отзывах покупателей, технических новинках которая необходимая партнерам и покупателям. Работа с посетителями сайта является неотъемлемой чертой интернет – маркетинга и должна быть выполнена на высшем уровне.

Литература.

1. Федор Вирин. Интернет-маркетинг. Полный сборник практических инструментов. Издательство: Эксмо. Серия: Интернет: технологии получения прибыли. ISBN 978-5-699-42302-6; 2010 г.
2. Яковлев А., Ткачев В. «Раскрутка сайтов: основы, секреты, трюки» издание-3, Издательство: БХВ, Санкт-Петербург, 2011 г.
3. Яковлев А., Довжиков А. «Веб-аналитика. Основы. Секреты. Трюки», издательство БХВ, Санкт-Петербург. 2009 г.
4. <http://argo-i.ru>
5. <http://app.comagic.ru/>
6. predstavitel852@yandex.ru

К ВОПРОСУ О ЗАНЯТОСТИ МОЛОДЕЖИ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Лоцилова, старший преподаватель, К.В. Зайцев, к.т.н., доцент

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) – 777-62

E-mail: marisha20@bk.ru

В настоящее время происходящие кризисные явления в мировой экономике отразились на трудоустройстве граждан России. В этих условиях особенно незащищёнными оказались выпускники технических вузов.

Актуальность данной проблемы обуславливается тем, что невостребованность выпускников технических вузов ведёт к недоиспользованию интеллектуального потенциала страны. Это приводит к повышению напряжённости в обществе за счет ухода нетрудоустроенных одарённых выпускников в теневой бизнес или криминальные структуры и в результате - к его сокращению.

Сегодня Кузбасс является достаточно динамично развивающимся регионом. Администрация Кемеровской области осуществляет серьезную работу, направленную на выполнение социальных обязательств государства. На региональном уровне реализуется государственная молодежная политика, основными целями которой являются: установление приоритета молодежной политики в социально-экономическом развитии Кемеровской области; содействие социальному становлению, культурному, духовному и физическому развитию молодежи, реализации ее общественно полезных инициатив, программ и проектов; создание условий для наиболее полного участия молодежи в социально-экономической, политической и культурной жизни общества [10]. Однако эти меры не могут коренным образом решить проблему занятости и трудоустройства молодежи в Кемеровской области.

Проблема занятости молодежи появились не вчера и трудности, существующие в этой сфере, известны давно. Молодежь во всем мире как одна из особо уязвимых групп на рынке труда в силу отсутствия профессионального трудового опыта, мало конкурентоспособна.

Среди причин такого положения можно выделить отмену бронирования рабочих мест для молодежи, впервые выходящей на рынок труда, отказ от централизованного распределения выпускников учебных заведений и др.[1].

Также на рынке труда существует проблема спроса и предложения кадров, объясняющаяся существующим разрывом между потребностями рынка и образовательными учреждениями, а также отсутствие нормативно-правовой базы, регулирующей процесс взаимодействия и гарантирующей защиту вложенных средств работодателя в подготовку необходимых кадров. В результате многие выпускники не могут на практике реализовать полученные в вузах и техникумах специальные знания [2]

В связи с этими и другими причинами, в 2014 году удельный вес молодежи в общей численности, состоящих на учете в службах занятости Кемеровской области, безработных составил 35%. При-

чем, каждый шестой – это учащийся, желающий работать в свободное от учебы время. Безработных выпускников высшего, среднего и начального образования, на начало года, было зафиксировано 739. К концу же года, данный показатель равнялся 767 человек [9].

Состояли на регистрационном учете в службах занятости, по данным департамента труда и занятости населения Кемеровской области, на начало 2014 года 11593 молодых граждан в возрасте 16-29 лет. Численность граждан, зарегистрированных в качестве безработных в отчетном периоде равна 8075 человек. При этом снято с регистрационного учета 7401 лиц, из которых 4047 – нашли работу, а 1696 приступили к профильному обучению. Трудоустроено за весь календарный год 19,4 тысячи человек или 52 % от числа лиц данной категории, состоявших на учете [8].

Для этого были специально реализованы следующие программы: «Клуб ищущих работу», «Новый старт», «Шаг навстречу работе», «Первое рабочее место», «Презентации молодых специалистов», «Развитие и поддержка предпринимательской деятельности среди безработных». Это самые популярные программы занятости для молодежи, поскольку предусматривают создание временных рабочих мест на предприятиях, предоставляют возможности получения постоянного рабочего места на конкретном предприятии по завершении стажировки. Выпускники остаются на тех предприятиях, работодатели которых организуют профессиональное обучение непосредственно на рабочих местах с дальнейшим трудоустройством, временные рабочие места.

Многие учебные заведения на территории Кемеровской области сотрудничают со службой занятости для организации профобучения и повышения квалификации по профессиям, востребованных на рынке труда.

Так, в Томском политехническом университете как головном вузе Юргинского технологического института (филиала) (далее ЮТИ ТПУ) стабильно функционирует интегрированная система содействия трудоустройству, где важной составляющей частью является Центр содействия трудоустройству и развитию карьеры (ЦСТК). Входя в состав Института развития стратегического партнерства и компетенций (ИСПК), ЦСТК является связующим звеном между администрацией вуза, профилирующими подразделениями, государственными органами занятости населения и предприятиями, заинтересованными в молодых специалистах [5, 11].

ЦСТК оказывает услуги студентам и выпускникам вуза, а также предлагает сотрудничество предприятиям и организациям, заинтересованным в формировании качественного кадрового потенциала. В структуре ЮТИ ТПУ организовано управление непрерывного профессионального образования и трудоустройства специалистов (НПОиТС)

В ЮТИ ТПУ содействие в трудоустройстве молодым специалистам – выпускникам осуществляется посредством распределения специалистов. Также заключаются договоры и контракты на целевую подготовку кадров для предприятий, организаций и учреждений. Кроме того проводятся процедуры распределения молодых специалистов, в результате которых выпускники получают предложения на трудоустройство в ведущие предприятия.

Также в ЮТИ ТПУ широко применяется дистанционная форма поиска работы Careerjet [11]. Предоставляется информация о вакансиях на веб-сайтах в мире по разделам, по регионам, по всему миру.

Огромное значение играет взаимодействие службы занятости с органами власти, местного самоуправления и профсоюзными организациями, которое позволяет преодолевать негативные тенденции в сфере занятости во времена реструктуризации и закрытия рабочих мест в различных отраслях [5, 6].

Органы службы занятости заключают соглашения о сотрудничестве с вузами. В рамках соглашений стороны осуществляют взаимодействие по профессиональной ориентации студентов, психологической поддержке и социальной адаптации безработных граждан из числа выпускников учреждений высшего профессионального образования; организуют и проводят мероприятия, способствующие трудоустройству будущих выпускников вузов (ярмарки вакансий, «Дни карьеры», ярмарки-презентации, тренинги, дискуссионные площадки); содействуют трудоустройству (стажировке) выпускников на малые инновационные предприятия при вузах; сотрудничают с работодателями для решения вопросов трудоустройства выпускников учреждений высшего профессионального образования [7].

Например, за прошедший год состоялось 16 общегородских ярмарок и 178 мини-ярмарок, в которых приняли участие работодатели, представлявшие машиностроение, химическую промышленность, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство города, строительство, торговлю, общественное питание, пищевое производство, здравоохранение, образование, культуру, сферу услуг, соци-

альные службы. Всего жителям на ярмарках предложили за год 10.730 вакантных мест. В итоге 4.217 соискателей нашли подходящую работу. Вакансии заполнены на 39,3% [3].

Отсюда можно сделать вывод о том, что среди традиционных форм деятельности центров занятости в Кемеровской области наибольшую эффективность имеют ярмарки вакансий. Потенциал есть у организации специальных программ по трудоустройству. Соответственно, центрам занятости следовало бы сосредоточить свою деятельность на этих участках [4].

Требуется решения вопрос о преодолении отрыва образовательной системы от потребностей развития рынка. В средних и средне специальных учебных заведениях учебные программы, планы, список преподаваемых дисциплин и прочее должны постоянно корректироваться в соответствии с логикой требований рынка. Для высших учебных заведений, где образование имеет гораздо более высокую степень академизма, погоня за требованиями экономики на наш взгляд, неприемлема. В данном случае более уместным является обучение студентов навыкам самообучения, самообразования, чем подготовка только лишь к одному виду трудовой деятельности, связанной с его специальностью. По мнению И.А. Король, «обучение самообучению» должно иметь дополняющий, а никак не основной характер [4].

Таким образом, указанные меры могут помочь не допустить серьезного роста числа безработных среди кузбасской молодежи и обеспечить своевременное трудоустройство молодых людей, особенно только что получивших образование молодых специалистов.

В заключение отметим, что важность вообще социальных проблем молодежи несомненна. С каждым годом, данная тема требует все большего внимания, нуждается в постоянном анализе и в сборе информации. Нерешенные социальные проблемы молодой части населения сегодня – это социальные болезни завтра. А осмысление же любых социальных проблем молодежи требует внимания к молодежной занятости и трудоустройству

Литература.

1. Виноградов А.В., Захаров В.Ю. Проблемы работы с молодежью и молодежная политика в современных условиях. – Кемерово, 2004.
2. Зиганшин, А. С. Тезисы выступления министра сельского хозяйства РБ на «круглом столе» по вопросу «Причины возникновения молодежной безработицы. Пути и формы их решения» / А. С. Зиганшин // Официальный портал Правительства РБ. - Режим доступа: <http://www.tukaeva.ru/pressa/5023.html.%20-%2025.01.2011>.
3. ИА «Альянс Медиа» Кемерово: ежегодно проходит около 200 ярмарок вакансий// Информационный канал TRADEUNIONS.RU. – 2012. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tradeunions.ru/main/newsamshow.asp?id=43694>
4. Король И.А., Решение социальных проблем молодежи органами государственной власти Кемеровской области в 1991-2005 гг. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук. – Кемерово, 2007.
5. Лощилова М. А., Портнягина Е. В. Региональные аспекты оптимизации управления образовательными учреждениями // В мире научных открытий. - 2012. - № 5. - С. 100-113.
6. Лощилова М.А., Вайчук М.С. Проблемы занятости и трудоустройства молодежи на примере Кемеровской области.// Материалы X всерос. НПК с междунар. участием «Профессиональное образование России: история, современность и перспективы». Омск, 2012. С.30-33.
7. Панкратова, Т. Б. Сетевое взаимодействие учреждений высшего профессионального образования и службы занятости по адаптации выпускников на рынке труда [Текст]: дис. ...канд.пед.наук: 13.00.08. / Т. Б. Панкратова. – Томск, 2011. – 180 с.
8. Сайт Департамента молодежной политики и спорта Кемеровской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dmps-kuzbass.ru>
9. Сайт Департамента труда и занятости населения Кемеровской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ufz-kemerovo.ru/>
10. http://docs.pravo.ru/document/view/11947165/63197275/?line_id=14
11. <http://www.careerjet.ru/>

ПРОБЛЕМАТИКА ПОДХОДОВ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А.В. Маслов, к.т.н., доцент,

*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: mav00f@mail.ru

Введение

Начало XXI века для машиностроительных предприятий стало коренным поворотом в области управления знаниями и во внешнем окружении. В настоящее время происходит модернизация направления развития экономики Российской Федерации на инновационный путь развития, проводя политику импортозамещения во всех направлениях промышленности, а также создание и распространение информационных и нано- технологий в значительной степени оказывают влияние на организацию управления знаниями.

Современные тенденции в теории управления знаниями все в большей степени указывают на необходимость сосредоточения деятельности предприятия на более обновленных и прорывных инновациях. В таких условиях необходимо обеспечить сосредоточенность усилий и ресурсов для повышения конкурентоспособности предприятия. Изменения в изготовлении товаров и услуг приводит к необходимости освоения новых знаний, повышающих эффективность производства, что приводит к изменениям в организационной структуре, технологических процессах предприятий и самом стратегическом развитии предприятия.

Чтобы дать характеристику существующим системам управления знаниями, нужно дать определение понятию знания. Философы определяют, что знание – это продукт общественной материальной и духовной деятельности человечества, выражение в форме знаков взаимных отношений, природного и человеческого [1].

Сегодня знание является доказанным итогом изучения объективного мира, его правильным отражением в уме людей, «знания – это не только объем информации, но и доля продукта или услуги», а еще это сочетание «опыта, ценностей, информации, оценок экспертов», что помогает оценить инкорпорировать новый опыт и информацию. [2]. Термин «управление знаниями» ввел Карл Виг – американский ученый, сегодня он используется в качестве нового аспекта управления.

Одним из ключевых направлений совершенствования деятельности, позволяющих сосредоточить технологические и интеллектуальные активы предприятия на выбранном стратегическом направлении, является управление знаниями в соответствии с основными, ведущими видами деятельности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения специфики процессов управления знаниями в машиностроительной отрасли с целью повышения качества изготавливаемой продукции и компетенций работающих. Объектом изучения является процесс управления знаниями производства в машиностроении при «личностном» подходе.

Подходы к изучению управления знаниями

Управление знаниями - это ход создания организационного знания, во время которого оно формируется и передается в компании, где его реализуют в новейших разработках организации. Чтобы понять, как идет управление знаниями работников предприятия, нужно представлять, как осуществляется подход к управлению знаниями в общем во всем машиностроении.

Первый подход, технологический, или информационный, – это управление базами информации, то есть информационными технологиями (работы Т. Гавриловой). [3].

Второй подход – персонализированный, или «личностный», его смысл заключается в том, что люди - носители знаний, поэтому нужно поощрять сотрудников за их участие в управлении знаниями в отрасли, которые должны передаваться на собраниях, конференциях, тренингах и т.д. Сторонники этого подхода - П. Сенге, Р. Уильямс, Б.З. Мильнер, Т.Ю. Иванова, М. Мариничева, А.Н. Крыштафович.

Третий, смешанный подход, рассматривает роль человека и информационных технологий, как равнозначную, в процессе управления знаниями.

В данной статье мы детальнее рассмотрим персонализированный, или «личностный» подход в управлении знаниями в машиностроении. Центр управления знаниями в данном случае, осуществляется высшим управляющим звеном – руководством предприятия. Данный центр в своем распоряжении имеет массу инструментов для развития и концентрации знаний: проведение различного уровня учений для работников отрасли, даются ответы на вопросы, им помогают найти необходи-

мую информацию по интересующему направлению [4]. Недостаток состоит в том, что применяются лучшие, старые, уже разработанные методики, а как известно, научное творчество нельзя подвергать централизованному управлению сверху.

Польза подхода в том, что даже существование центра знаний говорит о том, что управление знаниями – это один из видов деятельности управленцев, а также осознается важность взаимодействия проектных групп в данной сфере [5]. Работники машиностроительной отрасли объединяются в Союз машиностроителей, но при данном подходе не изучается роль этой организации в самом предприятии, ее назначение и методы работы. Сообщество машиностроителей – это люди, имеющие общие интересы в данной области знания, которые хотят вместе работать, обмениваться знаниями и опытом работы и осуществления инновационных проектов в машиностроении.

Положительным моментом управления знаниями при «личностном» подходе является использование мотивации членов коллектива, ориентированной на обмен знаниями. Проведя анализ проблем, возникла необходимость в корректировке ряда элементов в управлении знаниями: связать его с организацией общей стратегии управления знаниями и довести ее до всех работников машиностроительного предприятия. Чтобы сотрудники предприятия могли создавать знания и обмениваться ими, в ней должна существовать особая культура взаимоотношений – это общепризнанные ценности, взгляды, нормы и формы поведения в учреждении [7].

Чтобы сформировать культуру управления знаниями, нужно изучить уже существующую культуру предприятия и заложить в ее работу ряд норм: выдвижение новых идей, использование инноваций, новейшей информации, открытость, возможность перемен. [2]. Культура знаний – это философия корпорации, в которую входят основные принципы компании, они должны соответствовать задачам и стратегии управления знаниями; ими руководствуются все сотрудники данного предприятия [8].

По нашему мнению, кроме организационной культуры, нужно привлечь сотрудников компании в Союзы машиностроителей – объединения для управления знаниями в различных сферах работы предприятий; они будут разрабатывать проекты, соответствующие данному направлению. Таким образом, будет осуществляться работа по расширению знаний и получению опыта.

К факторам управления знаниями с применением «личностного» подхода нужно добавить ряд элементов:

- создать общей стратегии управления знаниями, которую будут придерживаться все сотрудники предприятия;
- довести до каждого члена коллектива программу управления знаниями, её внедрение и результаты ее выполнения;
- проанализировать существующую организационную культуру, чтобы создать новую, способствующую эффективному управлению знаниями;
- создать Сообщества (стратегические единицы управления знаниями) в разных сферах деятельности предприятий машиностроительной отрасли для обмена информацией.

Мы согласны с мнением, что основными носителями знаний являются люди, значит, управлять знаниями необходимо при помощи технологий управления человеческими ресурсами. Поэтому управление знаниями – важный аспект работы специалистов по подбору кадров. При этом сотрудники предприятий машиностроения рассматриваются как ее ресурс, от которого зависит успех работы и которым нужно эффективно управлять, создавая условия для его многостороннего развития, чтобы он впоследствии соответствовал изменениям в работе компании [9].

Вышеуказанные элементы управления знаниями можно внедрить только в подготовленные компании, в которых необходимо создать базис для их реализации, то есть добиться того, чтобы высший менеджмент имел четкое представление о процессе управления знаниями и методах их применения коллективом. Очень важно эффективно оценить осуществление процесса управления знаниями. По нашему мнению, такую оценку нужно осуществлять в два приема:

- 1) оценивать эффективность работы Сообществ;
- 2) оценивать эффективность деятельности предприятия после применения процесса управления знаниями сотрудниками.

Итак, процесс управления знаниями коллектива состоит из трех главных этапов: формирование данного процесса (подготовительный этап); внедрение этого процесса (исполнение); оценка эффективности применения процесса управления знаниями коллектива компании. Сочетание данных трех этапов и есть процесс управления знаниями на предприятии машиностроения.

Особенности внедрения знаний в машиностроении

Знания в машиностроительной промышленности в различных формах закладывается в сам производящий продукт, технологию его изготовления, организацию предприятия и другие не менее важные составляющие. В силу необъятности всех знаний, многие предприятия, в частности конкуренты в области машиностроения, не могут их повторно использовать в силу недостатка знаний или же не знают об их наличии и тем более не могут оценить их. На практике создание систем управления знаниями машиностроения или отдельных ее компонент показывает, что благодаря более эффективной работе со знаниями и другими инновационными идеями достигается улучшение ключевых конкурентных преимуществ предприятия, таких как качество продукции и услуг, скорость выпуска продукции и выполнения заказов и прочее.

Рассмотрение основных этапов изменения базовых концепций менеджмента, которые последовательно изменялись через некоторое время на протяжении последних годов, позволило подтвердить актуальность управления знаниями для современных машиностроительных предприятий.

В разработку процессов управления знаниями на предприятии весомый вклад внесли такие ученые как Б.Н. Бойцов, Н. Бонтис, У. Букович, Т. Вилсон, А. Гапоненко, О.А. Горленко, Р. Каплан, Т. Коулопоулос, Т. Давенпорт, Д. Коуэн, Б. Лев, Р. Майер, М. Мариничева, Б. Мильнер, И. Нонака, Т. Орлова, Л. Прусак, К.-Е. Свейби, Т. Стюарт, Х. Такеучи, Ю. Тельнов, Р. Уильямс, К. Фрапполо, Т. Чини и другие [10].

Анализируя труды озвученных ученых, можно сделать вывод о том, что эффективное управление знаниями в машиностроительной отрасли, опирающееся на инновационные методы, является одним из наиболее важных моментов в повышении качества машиностроительной продукции. На рисунке 1 представлен процесс управления знаниями в машиностроении, основанный на входящей информации для обработки управленческими кадрами машиностроения и необходимых выходящих результатах.



Рис. 1. Процесс управления знаниями

Заключение

В наши дни в управлении знаниями большое значение имеют технологии, которые связаны с управлением именно человеческими ресурсами, а информационные технологии носят обслуживающий характер в этой системе. Ведь именно рабочий персонал и есть носители знаний, которые необходимо обогащать различными путями с целью эффективности машиностроительного производства.

В работе проведен анализ проблем основных подходов к управлению знаниями в машиностроении, которые используются в данной сфере деятельности управленческим персоналом предприятий машиностроения, цель которых повысить эффективность и конкурентоспособность развития компании. Дается анализ подходов к процессу управления, изучаются особенности «личностного» подхода.

Оценка «личностного» подхода к управлению знаниями в машиностроении показала, что в наше время есть необходимость в изменении системы управления знаниями и ее обогащении. Пока-

зана необходимость подготовки предприятия к внедрению изменений подходов в управлении знаниями машиностроения.

Анализ «личностного» подхода в управлении знаниями предполагает разработку дополнительных положений управления знаниями предприятия, которые должны базироваться на создании общей стратегии управления знаниями, которой будут придерживаться все сотрудники предприятия; доведение до каждого члена коллектива программы управления знаниями, её внедрение и результаты ее выполнения; проанализировать существующую организационную культуру, чтобы создать новую, способствующую эффективному управлению знаниями; создать Сообщества (стратегические единицы управления знаниями) в разных сферах деятельности предприятий машиностроительной отрасли для обмена информацией.

Таким образом, процесс управление знаниями в машиностроении – это специфическая сфера управленческой деятельности, осуществляющая целенаправленное воздействие на соответствующих субъектов управления на развитие корпоративного человеческого капитала с целью расширенного воспроизводства новых знаний и продуктов, обеспечивающих предприятию стратегические конкурентные преимущества. Управление знаниями на основе «личностного» подхода играет немаловажную роль в процессе развития отрасли машиностроения.

Литература.

1. Управление знаниями в корпорациях: учеб. пособие / под ред. Б.З. Мильнера. – М.: Дело, 2006. – 304 с.
2. Управление знаниями. Как превратить знания в капитал / А.Л. Гапоненко, Т.М. Орлова. – М.: Эксмо, 2008. – 400 с.
3. Гаврилова Т. Управление знаниями как корпоративная стратегия автоматизации. – URL: http://kmtec.ru/publications/library/authors/uz_corp_strateg_autom.shtml. (дата обращения: 13.07.2015)
4. Мариничева М. Корпоративная информация. – URL: <http://md-management.ru>. (дата обращения: 21.09.2015)
5. Мильнер Б.З. Управление знаниями. – М.: Инфра-М, 2003. – 178 с.
6. Мизинцева М.Ф. Гербина Т.В. Сообщества практики: как управлять знаниями в организациях // Управление персоналом. – 2009. – № 21.
7. Корпоративная культура: учебно-методическое пособие / авт.-сост. Т.А. Лапина. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2005. – 96 с.
8. Мильнер Б.З., Румянцева З.П., Смирнова В.Г и др. Управление знаниями в корпорациях: учеб. пособие. – М.: Дело, 2006. – 304 с.
9. Половинко В.С. Управление персоналом: системный подход и его реализация: монография / под науч. ред. Ю.Г. Одегова. – М.: Информ-Знание, 2002. – 484 с.
10. Постнова М.Е. Повышение качества продукции инструментального производства машиностроительного предприятия на основе управления знаниями. Дисс. на соиск. степ. канд. техн.наук, – Рыбинск, 2013.
11. Маслов А.В. Автоматизированный тренажер обучения специалистов инновационной деятельности. Дисс. на соиск. степ. канд. техн.наук, – Томск, 2002.
12. Андрусенко Т. Менеджеры знаний. – URL: <http://www.hr-portal.ru/article/menedzhery-znaniy> (дата обращения: 08.02.2016).
13. Мариничева М. Требуется Ленин! В поисках «главного по знаниям». – URL: <http://www.kaus-group.ru/knowledge/300-articles/material/230/> (дата обращения: 29.01.2016).
14. Гуадагно А. Создание устойчивого конкурентного преимущества с помощью технологий обмена знаниями. – URL: <http://www.hr-portal.ru/article/sozдание-ustoychivogo-konkurentnogo-preimushchestva-s-pomoshchyu-tehnologiy-obmena-znaniyami> (дата обращения 29.01.2016).
15. Маслов А.В. Сетевые организации как подсистема управления знаниями на предприятии // Современные исследования социальных проблем [Электронный ресурс] – М., 2011, №4. Режим доступа: <http://sisp.nkras.ru/issues/2011/4/maslov.pdf>.
16. Маслов А.В. Модель жизненного цикла знаний // Современные наукоёмкие технологии. – М., 2010, №5, с. 131-132.

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.А. Мицель^{1,2}, д.т.н., проф., С.В. Козлов¹, к.т.н., доц.

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

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: maa@asu.tusur.ru

² Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
каф. Автоматизированных систем управления

634050, Томск, пр. Ленина, 40

Введение

В современных условиях качественный менеджмент большого предприятия невозможен без специализированных инструментальных средств. В настоящее время активно используются системы поддержки принятия решения при управлении различными экономическими объектами и организационными структурами [1-8], в том числе, при управлении риском банкротства предприятием [9-11]. Для создания СППР требуются соответствующие математические модели.

Для создания СППР необходимо иметь математические модели оценки банкротства (финансовой устойчивости) предприятий, а также модели управления финансовой устойчивостью предприятия.

В данной работе рассматриваются математические модели оценки финансовой устойчивости предприятий и динамическая модель управления.

Финансовую устойчивость организации с позиций долгосрочной перспективы принято оценивать системой показателей, которая включает несколько основных разделов: оценка имущественного положения; оценка ликвидности; оценка финансовой устойчивости; оценка деловой активности; оценка рентабельности. В каждой группе от 6 до 12 различных коэффициентов (в общей сложности 41) [12, 13].

Кроме коэффициентного анализа используется ряд классификационных моделей, отделяющих фирмы-банкроты от устойчивых заемщиков и прогнозирующих возможное банкротство фирмы-заемщика [12 -23].

Существуют многочисленные авторские методики оценки вероятности банкротства, которые оперируют широким спектром показателей. Такие факторные модели разработаны с помощью многомерного (мультипликативного) дискриминантного анализа [20].

Наиболее известными моделями оценки вероятности банкротства являются:

- Модели Альтмана [12, 13, 14];
- Четырехфакторная модель Лиса, которая подходит для российских предприятий с такой организационно-правовой формой, как ЗАО и ОАО [21];
- Модель Фулмера - девятифакторная модель оценки риска банкротства [23];
- Модель банкротства предприятий Сайфуллина-Кадыкова - среднесрочная рейтинговая модель прогнозирования риска банкротства, разработанная российскими учеными, которая может применяться для любой отрасли и предприятий различного масштаба [16, 25];
- Модель прогнозирования банкротства предприятия Спрингейта [17, 18];
- Четырехфакторная модель банкротства Таффлера [15,18].

Модели оценки финансовой устойчивости

Модель Альтмана. Данная модель была представлена Альтманом в 1968 году. Было исследовано 66 американских промышленных предприятий, 33 из которых официально были признаны банкротами. Группа действующих предприятий была выбрана случайным образом на основании двух критериев: отрасль и размер предприятия. В выборку были включены только крупные (размер активов составлял 1-25 миллионов долларов) промышленные предприятия. На основании финансового анализа, проведенного на выбранных предприятиях, Альтман выбрал 22 показателя финансовой отчетности наиболее чувствительных к вероятности банкротства. Эти показатели затем были отнесены к 5 категориям, характеризующим ликвидность, прибыльность, леведжированность фирмы (зависимость от заемного капитала), платежеспособность и деловую активность. Из каждой категории было выбрано по одному показателю, которые наиболее распространены в финансовой литературе и которые являются статистически значимыми. На основании этих показателей и с использованием ряда статистических допущений была записана следующая дискриминантная функция:

$$Y = 0,717 \cdot a_1 + 0,847 \cdot a_2 + 3,107 \cdot a_3 + 0,420 \cdot a_4 + 0,995 \cdot a_5,$$

где a_1 – собственный оборотный капитал/сумма активов; a_2 – нераспределенная прибыль прошлых лет/сумма активов; a_3 – прибыль до уплаты процентов и налогов/сумма активов; a_4 – денежные средства/полная балансовая стоимость долговых обязательств; a_5 – выручка от реализации/сумма активов. При: $Z < 0$ – вероятность банкротства максимальная (0.9 – 1), $0 < Z < 0.18$ – вероятность банкротства высокая (0.6 – 0.8), $0.18 < Z < 0.32$ – вероятность банкротства средняя (0.35-0.5), $0.32 < Z < 0.42$ – вероятность банкротства низкая (0.15-0.20), $Z > 0.42$ – вероятность банкротства незначительна (до 0.1).

На основе данных годовых бухгалтерских балансов 30 предприятий нефтегазовой промышленности с организационно-правовой формой открытого акционерного общества за 2010, 2011 и 2012 г.г. были рассчитаны показатели a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 и проведен анализ финансовой устойчивости этих предприятий.

Проведенный анализ показал, что пятифакторная модель Альтмана слабо отражает реальное положение дел на российских предприятиях и не предопределяет дальнейшее развитие организаций. Так по результатам Z -показателя 17 процентов предприятий имеют очень высокую вероятность банкротства, 30 процентов высокую, 0 процентов возможную и 53 процентов имеют очень низкую вероятность банкротства. А на самом деле 100 процентов всех предприятий продолжали свою деятельность в 2012 году, а значит можно предположить, что 100 процентов предприятий должны были иметь очень низкую вероятность банкротства.

Модель Лиса оценки вероятности банкротства [21] имеет вид

$$Z = 0.063 \cdot X_1 + 0.092 \cdot X_2 + 0.057 \cdot X_3 + 0.001 \cdot X_4,$$

где X_1 – доля оборотных средств в активах; X_2 – рентабельность активов по прибыли от реализации; X_3 – рентабельность активов по нераспределенной прибыли; X_4 – коэффициент финансирования.

В работе [24] для прогноза финансового состояния компаний сотовой связи МТС, Мегафон и Билайн на основе данных годовых бухгалтерских отчетов за период 2003 – 2013 г.г. [25-27] была предложена векторная авторегрессионная модель Z -счета Лиса, позволяющая учитывать взаимное влияние на финансовую деятельность предприятий друг друга. Модель имеет вид

$$\begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix}_t = \begin{pmatrix} 0.96 & 0 & 0 \\ 0 & 0.961 & 0 \\ 0 & 0 & 0.95 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix}_{t-1} + \begin{pmatrix} -1.38 \cdot 10^{-3} \\ -2.08 \cdot 10^{-3} \\ -9.45 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix} \cdot X_{1,t-1} + \\ + \begin{pmatrix} -4.32 \cdot 10^{-4} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot X_{2,t-1} + \begin{pmatrix} 0 \\ -7 \cdot 10^{-4} \\ -5.7 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix} \cdot X_{3,t-1} + \\ + \begin{pmatrix} -8.3 \cdot 10^{-4} \\ -1.42 \cdot 10^{-4} \\ -9 \cdot 10^{-4} \end{pmatrix} \cdot X_{4,t-1} + \varepsilon_t$$

где z_1 – Z -счет для компании МТС; z_2 – Z -счет для компании Мегафон; z_3 – Z -счет для компании Билайн.

X_j – вектор j -го показателя, компоненты которого связаны с номером компании, $j=1, \dots, 4$.

Модель устойчива, так как выполняется условие стационарности – все собственные значения матрицы коэффициентов при Z_{t-1} меньше нуля.

Согласно прогнозу, построенному по полученной модели все компании обладают благоприятными перспективами финансовой устойчивости, не подвергаются риску банкротства.

Среди отечественных методов оценки вероятности банкротства предприятий можно выделить пятифакторную MDA-модель, разработанную Р.С. Сайфуллиным и Г.Г. Кадыковым, которая имеет следующий вид [28]:

$$R = 2 \cdot K_1 + 0.1 \cdot K_2 + 0.08 \cdot K_3 + 0.45 \cdot K_4 + K_5$$

где коэффициенты K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 рассчитываются по следующим формулам:

K1 – собственные оборотные средства/капитал и резервы; K2 – собственные оборотные средства/краткосрочные обязательства; K3 – выручка от реализации/активы; K4 – чистая прибыль/выручка; K5 – чистая прибыль/ капитал и резервы; R – рейтинговое число, представляющее собой сумму взвешенных перечисленных выше финансовых показателей деятельности предприятия. По этой модели нами были рассчитаны R-показатели 30 предприятий нефтегазовой промышленности за 2010, 2011 и 2012 г.г., рассмотренных выше. По результатам R-показателя лишь 17 процентов предприятий имеют вероятность банкротства более 50%, у остальных предприятий все пять коэффициентов имеют значение их нормативного уровня, а финансовое состояние компании оценивается как удовлетворительное. Тогда как в реальности у 100 процентов всех предприятий должна быть минимальная или низкая вероятность банкротства, о чем свидетельствует бухгалтерская отчетность на конец 2012 года.

Расчеты вероятности банкротства по критерию Сайфулина-Кадыкова показали высокую работоспособность в современных экономических условиях. Однако она не лишена недостатков, здесь имеет место для некоторых предприятий различие между показателями R, степенью вероятности банкротства и реальным положением дел на предприятиях. Это можно объяснить тем, что модель, и ее коэффициенты, были рассчитаны в конце 90-х годов, когда в России были иные экономические условия, иные стратегии развития предприятий, другой налоговый климат. Таким образом, мы пришли к следующему выводу: модель Альтмана пессимистична, а модель Сайфулина-Кадыкова, хоть и позволяет оценить текущее финансовое состояние предприятия, однако не даёт возможности точно оценить вероятность наступления кризисной ситуации. В связи с этим, нами построена собственная модель. На основе факторного анализа было выделено 6 показателей и построена модель множественной регрессии вида

$$y = 0.672 \cdot x_1 + 0.378 \cdot x_2 - 0.07 \cdot x_3 - \\ - 0.2 \cdot x_4 + 0.045 \cdot x_5 + 0.066 \cdot x_6$$

где y – результирующий показатель (рентабельности активов); x_1 – коэффициент базовой прибыльности активов; x_2 – рентабельность собственного капитала; x_3 – рентабельность продаж; x_4 – коэффициент интенсивности оборота авансируемого капитала; x_5 – показатель оборачиваемости активов; x_6 – коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами.

В работе [29] Недосекина О.А. отмечается необходимость комплексного подхода к решению задачи управления риском банкротства предприятия и предлагается своего рода модель-конструктор для оценки риска банкротства, который эксперт-аналитик может собрать по своему усмотрению, с учетом специфики анализируемого предприятия.

В статье [30] рассмотрен вопрос отбора факторов, оказывающих влияние на основной источник финансовых поступлений предприятия – выручку от реализации продукции. Отбор факторов проводится методом главных компонент. На основе отобранных факторов построено уравнение регрессии, показывающее зависимость выручки от выделенных факторов. В этой работе на основе бухгалтерской отчетности 33 предприятий машиностроительной отрасли было отобрано 37 показателей. С помощью метода главных компонент было выделено 11 показателей, оказывающих значимое влияние на выручку предприятий. Уравнение регрессии выручки P имеет вид

$$P = 1.83 \cdot 10^5 + 0.02 \times k_1 + 4.93 \cdot 10^5 \times k_2 + 0.06 \times k_3 - 3.11 \cdot 10^4 \times k_4 + 0.62 \times k_5 - \\ - 9.83 \cdot 10^3 \times k_6 + 8.22 \cdot 10^5 \times k_7 + 2.16 \cdot 10^6 \times k_8 + 7.12 \cdot 10^4 \times k_9 - \\ - 6.27 \cdot 10^5 \times k_{10} - 1.15 \cdot 10^6 \times k_{11}.$$

Здесь k_1 – сумма хозяйственных средств в распоряжении организации; k_2 – доля основных средств в активах; k_3 – величина собственных оборотных средств; k_4 – коэффициент текущей ликвидности; k_5 – чистая прибыль; k_6 – оборачиваемость собственного капитала; k_7 – рентабельность основной деятельности; k_8 – рентабельность совокупного капитала; k_9 – рентабельность собственного капитала; k_{10} – коэффициент износа оборотных средств; k_{11} – коэффициент выбытия.

В статье [31] построена краткосрочная прогнозная модель оценки риска банкротства на примере компании ОАО «ФСК ЕЭС» [32] на основе нечетко-множественной методики прогнозирования банкротства Недосекина [29]. В работе [31] были получены следующие результаты: реализована процедура оценки границ интервалов значений показателей, характеризующих риск банкротства. В рамках данной процедуры описан процесс сбора и обработки экспертной информации; построена функция принадлежности, определяющая степень оценочной уверенности отношения значений показателей к одному из пяти уров-

ней показателей («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»); проведена оценка финансового состояния компании ОАО «ФСК» интегрального показателя риска банкротства предприятия и его коридор ошибок; на основании полученных данных был сделан прогноз интегрального значения показателя риска банкротства предприятия на 2011 г.

Заключение

В работе приведены известные модели оценки финансовой устойчивости предприятий. Показано, что не существует универсальной модели оценки риска банкротства предприятия. Границы применимости моделей связаны с экономическими условиями, при которых были получены модели, в частности, показано что зарубежные модели мало пригодны для российских условий. Кроме того, модели финансовой устойчивости для предприятий различных отраслей, также могут существенно отличаться друг от друга. Построение модели оценки финансовой устойчивости предприятий можно рассматривать как прямую задачу. Для управления риском банкротства следует обратиться к обратной задаче – как надо изменить финансовые показатели, чтобы ключевой показатель принимал заданные значения.

Литература

1. Бабкин Э.А., Визгунов А.Н., Куркин А.А., Козырев О.Р. Общие принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений. – Н. Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2008.
2. Telipenko E. V. , Chernysheva T. Y. , Zakharova A. A. , Dumchev A. I. Results of research on development of an intellectual information system of bankruptcy risk assessment of the enterprise // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 93 - №. 1, Article number 012058.
3. Юсупова Н.И., Волик Е.О. Мониторинг банкротств с использованием методов интеллектуального анализа данных // Вестник УГАТУ. – 2008, выпуск №2, том 10.
4. www.rae.ru/snt/?section=content&op=show_article&article_id=6000.
5. bourabai.ru/tpoi/dss.htm.
6. corpsys.ru/ToOrder/DSS.aspx.
7. journal-discussion.ru/publication.php?id=43.
8. www.lerc.ru/?art=8&page=32&part=bulletin.
9. Telipenko E. V. , Zakharova A. A. , Sopova S. P. Forecasting risk of bankruptcy for machine-building plants // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012066.
10. Telipenko E. V., Zakharova A. A. Bankruptcy risk management of a machine builder // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - pp. 617-622.
11. Zakharova A. A., Telipenko E. V. Information system of bankruptcy risk management of an enterprise // 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, September 18-21, 2012. - Tomsk: TPU Press, 2012 - Vol. 1 - pp. 539-543.
12. Altman E. Corporate Financial Distress. New York, Wiley, 1983.
13. Altman E.I., Haldeman R.G., Narayanan P. Zeta Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporation. // Journal of Banking and Finance, June 1977.
14. Altman E.I. Financial Ratios. Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy. // Journal of Finance, September 1968.
15. Модели банкротства (диагностика и оценка вероятности банкротства) [Электронный ресурс] / сайт Финансовый Менеджер finance-m.info. Режим доступа: http://finance-m.info/bankruptcy_models.html (дата обращения 05.05.2014).
16. Модель банкротства предприятий Сайфуллина-Кадыкова [Электронный ресурс] / сайт Финансовый анализ и инвестиционный анализ предприятия. Режим доступа: <http://www.beintrend.ru/2011-06-20-17-05-06> (дата обращения 7.09.2013).
17. Модель прогнозирования банкротства предприятия Спрингейта (1978). [Электронный ресурс] / сайт Финансовый анализ и инвестиционный анализ предприятия. Режим доступа: <http://beintrend.ru/springate>. Первоисточник: Springate, Gordon L.V., “Predicting the Possibility of Failure in a Canadian Firm”. Unpublished M.B.A. Research Project, Simon Fraser University, January 1978.
18. Toffler R., Tishaw H. Going, going, gone ñ four factors which predict // Accountancy, March 1977, pp. 50-54.
19. Пожидаева Т.А. Анализ финансовой отчетности: учебное пособие / Т.А.Пожидаева. 3-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2010. – 320с.

20. Прогнозная модель платежеспособности Спрингейта [Электронный ресурс] // сайт www.afdanalyse.ru – Анализ финансового состояния предприятия. Режим доступа: http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj_analiz/1/prognoznaja_model_platezhеспособности_springejta/13-1-0-39 (дата обращения 7.09.2013).
21. Четырехфакторная модель Р.Лиса оценки риска банкротства [Электронный ресурс] // сайт Финансовый анализ и инвестиционный анализ предприятия. Режим доступа: <http://www.beintrend.ru/2011-12-05-17-20-28> (дата обращения 7.09.2013).
22. Fulmer J. G. et al. (1984): A Bankruptcy Classification Model For Small Firms. Journal of Commercial Bank Lending, July 1984, 25-37 pp.
23. Investfunds. URL: <http://stocks.investfunds.ru/stocks/> (дата обращения: 18.02.2014). s.investfunds.ru
24. Мицель А.А., Соболева М.А. Анализ финансовой устойчивости предприятий сотовой связи России // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2015, вып 6 (240). – С. 24–31.
25. МТС, Мегафон и Билайн [Электронный ресурс] // сайт RosInvest.Com/ Режим доступа: http://rosinvest.com/acolumn/blog/high_technology/469.html (дата обращения 5.04.2014).
26. О компании [Электронный ресурс] // сайт компании Beeline. Режим доступа: <http://about.beeline.ru/index.wbp> (дата обращения 30.04.2014).
27. Подробная информация о МТС [Электронный ресурс] // сайт www.mts.ru. Режим доступа: <http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/briefly/> (дата обращения 30.04.2014).
28. Шеремет А. Д., Сайфулин Р. С. Методика финансового анализа предприятия. – М.: Дело. 1998. 320 с.
29. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. – СПб.: Сезам, 2002. 167с.
30. Мицель А.А. Оценка влияния показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия на выручку от реализации продукции / А.А. Мицель, Е.В. Телипенко // Экономический анализ. Теория и практика. 2011. №27(234). С. 57-64.
31. Мицель А.А. Модели риска и прогнозирования банкротства предприятия / А.А. Мицель, А.А. Кабалин // Управление риском. 2013. №1. С. 44-52.
32. Официальный сайт Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.fsk-ees.ru/shareholders_and_investors/disclosure_of_information/quarterly_reports/ – свободный.

МОТИВАЦИЯ И СТИМУЛИРОВАНИЕ ТРУДА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

*И.В. Смольянинова, к.э.н., доц., А.Э. Ахмедов, к.э.н., доц.
Воронежский экономико-правовой институт
394042, г. Воронеж, пр. Ленинский, 119а, тел. (473)-272-79-39
E-mail: amista2007@rambler.ru*

На сегодняшний день одну из основных проблем современной российской экономики представляет проблема организации эффективной системы управления организациями, в том числе машиностроительного комплекса, в осуществлении которой основную нагрузку несут специалисты в сфере управления человеческими ресурсами. Следовательно, деятельность по управлению машиностроительной организацией должна быть ориентирована на повышение трудоспособности своих сотрудников с помощью создания определенных мер по совершенствованию поиска эффективных методов управления трудом для активации человеческого ресурса. Решающим фактором продуктивной деятельности является мотивация людей.

Основными проблемами в науке управления персоналом в машиностроительной сфере являются мотивация и стимулирование сотрудников предприятия [1-2].

Эффективно управлять, не понимая мотивы и потребности человека и не используя правильные стимулы к труду, невозможно. Ведь некоторые сотрудники в равных условиях работают по-разному: одни с энтузиазмом выполняют свои обязанности, другие – недовольны, с претензиями. Одним работникам необходимо повысить денежный эквивалент их заработной платы для достижения поставленного результата, а других – просто похвалить [5]. Все это нужно учитывать, прибегая к мотивированию своего персонала на предприятиях машиностроительного комплекса.

Мотивация в управлении машиностроительным предприятием - это комплексный подход к управлению персоналом предприятий машиностроения, направленный на создание побудительных

мотивов, целью которых является продуктивное выполнение сотрудником своих обязанностей. В общем виде мотивацию можно представить как совокупность стимулирующих факторов, направленных на повышение работоспособности и активности персонала в выполнении своих профессиональных обязанностей. (Рисунок 1).



Рис. 1. Факторы, способствующие мотивации персонала

Для управления персоналом на предприятиях машиностроения совокупность целей, с одной стороны, должна отвечать на вопрос о том, какие конкретные потребности работников они могут потребовать удовлетворить от управленческого аппарата, а с другой,- каковы цели по эксплуатации персонала ставят перед собой руководители машиностроительной организации и каковы условия предприняты для этого. Только при согласии и непротиворечивости данных факторов возможен успех управления.

На практике применяются огромное множество методов управления персоналом, в том числе и на предприятиях машиностроительной сферы, которые постоянно подвергаются изменениям и совершенствуются, подстраиваясь под определенное время.

Располагая сведениями о мотивах, лежащих в основе действий работника, менеджер имеет возможность сформировать продуктивную систему управления персоналом. Исходя из этого, для эффективного управления персоналом на предприятиях машиностроительного комплекса необходимо использовать технологии мотивации. Мотивация трудовой деятельности персонала является источником успеха предприятия машиностроения.

Мотивация и стимулирование представляют собой единство двух различных процессов, согласованность которых формирует необходимые условия для совершения трудовых процессов и извлечения результатов работы. При такой интерпретации неприемлемо преувеличение значимости одного из процессов и уменьшение – другого, а тем более устранение одного из них.

В науке управления персоналом под мотивацией труда подразумевается желание работника удовлетворить свои потребности за счет трудовой деятельности, а под стимулированием труда понимается совокупность мероприятий, которые применяются субъектом управления с целью повышения производительности труда сотрудников[3].

Правильная мотивация сотрудников на предприятиях машиностроительного комплекса – гарантия высокого качества жизнедеятельности и начальства, и подчиненных. Если задача менеджера состоит в том, чтобы сотрудники выполняли ту работу, которую хочет администрация, то необходимо отчетливо представлять себе, какие стимулы имеются в арсенале руководства.

В системе управления мотивацией труда функционируют две побудительные подсистемы: монетарная и немонетарная. Следовательно, можно сказать, что каждый подчиненный ожидает от руководителя исполнения и монетарной, и немонетарной стимулирующих функций труда.

Обычная заработная плата важна лишь на входе в организацию. Мотивацию, которая заставляет человека работать больше, лучше и эффективнее, представляет собой не зарплата, а ее изменение. Повышение оклада, введение различных надбавок, премирование являются мотивацией. Повышение зарплаты будет значительным материальным стимулом.

К нематериальным стимулам мотивирования персонала на предприятиях социальной сферы относятся организационные и морально-психологические методы мотивации.

Организационные методы мотивации включают в себя, например, привлечение сотрудников к участию в деятельности предприятия, предполагающее предоставление им права голоса, как правило, при решении вопросов социального характера. Большую роль играет мотивация возможности почерпнуть новые знания, навыки и умения, которые делают работников более самостоятельными,

независимыми, придают им уверенность в завтрашнем дне [4]. Несомненно, повышение квалификации сотрудников несет одну из важных аспектов и для самого работника, и для предприятия в целом, т.к. в современных условиях, когда ни экономика, ни НТП не стоит на месте, «подкованный», шагающий в ногу со временем специалист является гарантом стабильного развития предприятия машиностроения.

Морально-психологические способы мотивации включают в себя следующее: создание таких условий, при которых штат будет испытывать профессиональную гордость за наилучшее выполнение порученной работы, заинтересованность к ней, персональную ответственность за результаты их деятельности. К данной группе способов относится также личное и публичное признание. Сущность личного признания заключается в упоминании особо отличившихся сотрудников в специальных докладах начальству предприятия, их лично поздравляет руководство по случаю праздничных дней и семейных дат. В нашем государстве оно еще не получило широкого распространения в отличие от публичного признания, которое нам знакомо намного лучше; к морально-психологическим методам относятся высокие цели, вдохновляющие людей на плодотворный, а иногда на самоотверженный труд. Вследствие чего, любое поручение руководителя должно быть направлено на достижение ценностей, которые разделяет организация. Также морально стимулируют и атмосфера обоюдного уважения, доверия, снисходительность к просчетам и ошибкам; внимательное отношение руководства и коллег [3].

Необходимо отметить еще один способ мотивации, объединяющий в себе все вышеупомянутые – это продвижение в должности. Оно приносит и более высокий оклад, и интересную работу, а также признание и авторитет. Однако данный способ является внутренне ограниченным: на предприятии не так много свободных должностей высокого ранга; не все стремятся руководить и ни каждый на это способен, помимо этого, для продвижения в должности требуются повышенные затраты на переподготовку.

Однако необходимо иметь в виду, что приведенные организационные и морально-психологические методы мотивируют по-разному в связи со временем пребывания в должности, поэтому после 5 лет ни один из методов не обеспечивает мотивацию в подобающей мере, из-за чего удовлетворенность работой падает.

Поэтому на предприятиях машиностроительного комплекса, как и на любом предприятии, просто необходимо мотивировать сотрудников с целью увеличения их работоспособности, а следовательно, и максимизировать результативность функционирования организации.

Литература.

1. Ахмедов А.Э., Ахмедова О.И. Сравнительный анализ организации оплаты труда работников в зарубежной и отечественной практике // Территория науки. 2014. Т 5. № 5. С. 88-91.
2. Кабанов В.Н. Система налогообложения на модели линии безубыточности// Синергия. 2015. № 1. С. 41-47.
3. Мычка С.Ю. Мотивация персонала в современных организациях // Совершенствование экономических и правовых отношений в современных российских условиях. Сборник материалов международной научно-практической заочной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 74-77.
4. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Аутстаффинг в системе оптимизации бизнес-процессов организации // Территория науки. 2015. № 2. С. 121-124.
5. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Особенности формирования и перспективы развития трудовых ресурсов региона // Проблемы и перспективы социально-экономического развития регионов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Киров, 2015. С. 30-32.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РОССИИ

Е.В. Петров, к.т.н., доц., Качаева С.Г., ст. лаборант

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-51-02

E-mail: petrov1818@rambler.ru

Согласно стратегическим ориентирам, проводимой государственной политики и программным целям, малый бизнес к 2020 году должен представлять не менее половины рабочих мест в экономике. В соответствии с этим исполнительные органы власти страны должны определить основные векторы

экономической политики в данном направлении. Малый бизнес в экономике страны выполняет следующие функции [2]:

- создает новые рабочие места;
- обеспечивает самозанятость населения;
- стимулирует инновационный рост экономики;
- повышает конкурентоспособность предприятий;
- демонстрирует гибкость и многообразие форм предпринимательской активности;
- смягчает влияние экономических кризисов;

Малое и среднее предпринимательство во всем мире представляет собой одно из основных направлений по развитию экономики государства и ее диверсификации [6]. Малые и средние компании в силу присущей им мобильности и гибкости могут также сгладить негативные процессы в сфере занятости населения, обеспечить социальную адаптацию высвобождающихся работников с крупных предприятий и сформировать новые рыночные ниши и точки последующего экономического роста [2–4]. На основе конкуренции малых предприятий и их кооперации с крупными производителями формируется оптимальная себестоимость продукции, повышается качество товаров, снижается конечная цена для потребителя [7, 8]. Малое предпринимательство можно рассматривать, в первую очередь, как институт, который обеспечивает занятость населения. При этом малые компании делают среду для проживания более комфортной и удобной. Со средним бизнесом связано решение задач по обеспечению экономического роста и перехода на путь инновационного развития.

Малый бизнес в развитых странах является двигателем экономики, создает большинство новых рабочих мест. Особенно развит в западных странах именно инновационный малый бизнес, повышающий конкурентоспособность экономики. В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2007 № 209–ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» (ред. от 29.12.2015) критерии отнесения субъекта предпринимательства следующие:

- микро-предприятие – численность работников от 1 до 15 человек, оборот до 60 млн. руб.;
- малое предприятие – численность работников от 16 до 100 человек, оборот до 400 млн. руб.;
- среднее предприятие – численность работников от 101 до 250 человек, оборот до 1 млрд. руб.

Таблица 1

Показатели уровня развития малого и среднего предпринимательства
в экономиках разных стран

Показатель	Россия	Канада	США	Австралия	Великобритания	ФРГ	Япония
Доля рабочих мест	25%	47%	42%	69%	35%	69%	77%
Вклад в ВВП	21%	27%	62%	35%	50%	57%	63%

По данным 2014 года в России количество занятых в малом и среднем предпринимательстве составляло 17,7 млн. человек [1]. Согласно перспективным планам развития экономики страны к 2020 году число занятых в малом и среднем предпринимательстве должно составить около 40 млн. человек. По сравнению с другими странами, малый бизнес в России развит меньше: на 1 тыс. населения в нашей стране действует около 12,5 предприятий (без учета индивидуальных предпринимателей). Тогда как в ЕС и США – 40. В отдельных странах этот показатель еще выше. Согласно официальным данным, малый и средний бизнес в России представлен 5,6 млн. субъектов, на которых официально занято 25% (таблица 1) от общей численности занятых работников в экономике [5]. Для сравнения, в странах Европейского Союза малый бизнес обеспечивает более 50% рабочих мест в экономике. Вместе с тем, вклад малого и среднего бизнеса в общие экономические показатели в России существенно ниже, чем в большинстве не только развивающихся, но и развитых стран. Доля малого и среднего бизнеса в валовом внутреннем продукте находится на уровне 20–21%. На малые и средние компании приходится только 5–6% от общего объема основных средств и 6% от объема инвестиций в основной капитал в целом по стране. Сопоставление некоторых показателей, характеризующих уровень развития малого и среднего предпринимательства в России и в некоторых зарубежных странах [5], представлено в таблице 1. Как видно из вышеприведенных данных, в структуре экономики нашей страны малое и среднее предпринимательство пока не является существенным звеном развития экономики.

Среди субъектов малого и среднего предпринимательства 62,8% – индивидуальные предприниматели; 37,2% – юридические лица (из них 32,7% – микро-предприятия; 4,2% – малые предприятия и 0,3% – средние предприятия). Структура малого и среднего предпринимательства по видам экономической деятельности [5] представлена на рисунке 1. Как видно, основными видами деятельности малых и средних предприятий являются торговля (более 39,6%), операции с недвижимостью (20,2%) и строительство (11,6%). При этом роль инновационного и производственного сектора незначительна.

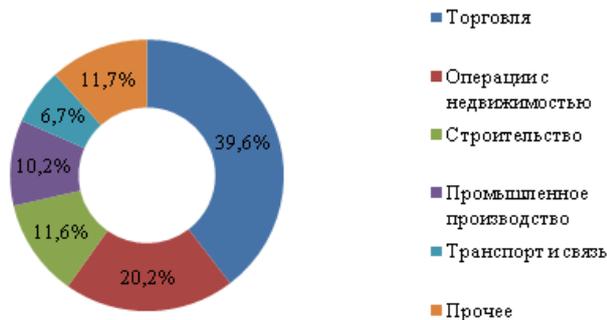


Рис. 1. Структура малого и среднего предпринимательства по видам экономической деятельности

По данным Росстата, в 2012–2014 годах количество субъектов малого и среднего предпринимательства выросло на 12% (с 1,863 млн. субъектов в 2012 году до 2,086 млн. субъектов в 2014 году). В то же время, за аналогичный период времени уменьшилось на 14% общее число индивидуальных предпринимателей в целом по стране (с 4,1 млн. субъектов в 2012 году до 3,55 млн. субъектов в 2014 году). Отрицательная тенденция по индивидуальным предпринимателям обусловлена, главным образом, существенным повышением размера страховых взносов в Пенсионный фонд России с 1 января 2013 года.

Согласно исследованию, подготовленному Центром предпринимательства, отмечается, что в среднем российские предприятия малого бизнеса продолжают свою деятельность на рынке не более трех лет, и только 3% способны преодолеть этот рубеж. В докладе отмечается, что это один из самых низких показателей среди стран. Для сравнения в Норвегии этот составляет 6,2%, в Финляндии 6,7%, в Испании 8,4%, в Греции 12,6%. Большинство экспертов полагает, что основной причиной сворачивания бизнеса является недостаточная рентабельность [9, 10]. По результатам исследования, многие респонденты отметили, что им было отказано в дополнительном финансировании для решения проблем существующего бизнеса.

Совершенно очевидно, что Россия находится на начальной стадии формирования малого и среднего бизнеса. Приоритетом на современном этапе должно является увеличение субъектов данного вида деятельности, и он должен играть более существенную роль в экономике страны. К настоящему времени в России созданы организационные и нормативно-правовые основы государственной поддержки малого и среднего предпринимательства. Реализуется ряд масштабных программ финансовой поддержки, в рамках которых во всех регионах страны предприниматели имеют возможность получить грант на начало собственного дела, микрозайм, гарантию по кредиту или кредит на льготных условиях. Распределение объемов финансовой поддержки [5], в соответствии с государственной программой по направлениям деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства, представлено на рисунке 2. Как видно из графика, наибольшее внимание со стороны государства уделено вопросам модернизации, повышения эффективности, инновациям, а также неторговому сектору. Это достаточно хорошо согласуется с основным векторами развития, определенными в долгосрочной стратегии развития экономики страны, направленными именно на модернизацию, инновации и повышение ее конкурентоспособности. Распределение объемов финансовой поддержки малого и среднего предпринимательства, в соответствии с программой, по Федеральным округам Российской Федерации представлено на рисунке 3. Как видно из графика больше половины средств (57%) направлено в Центральный и Приволжский округа. В то же время, Дальневосточный Федеральный округ получил недостаточный объем финансирования (всего 3% от общего объема средств финансо-

вой поддержки), что, в свою очередь, может привести к отставанию в развитии малого и среднего предпринимательства в регионах Дальнего Востока.

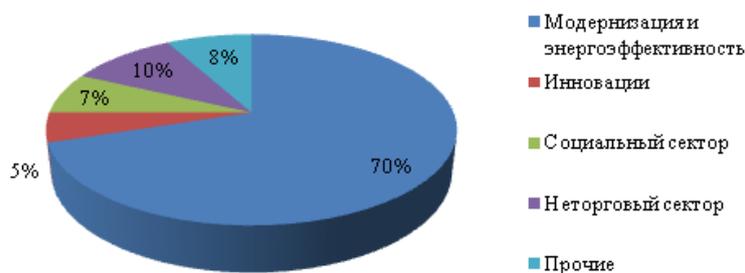


Рис. 2. Распределение объемов Программы по направлениям поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства

В соответствии с прогнозом Министерства экономического развития по долгосрочному социально-экономическому развитию Российской Федерации на период до 2030 года, количество субъектов малого и среднего предпринимательства к указанному периоду должно вырасти в 1,3 раза до 7,7 млн. субъектов. Причем в это число войдут и 5,4 млн. индивидуальных предпринимателей. При этом, в некоторых отраслях рост возможен в два раза и более. При этом планируется, чтобы не менее 50% валового внутреннего продукта создавал малый бизнес. Конечно, для этого потребуются структурные изменения в экономике страны. Прогнозные оценки институциональных преобразований основаны на прогнозах дорожных карт, разработанных Агентством стратегических инициатив, и даются поэтапно до 2015 и 2018 годов, в которых учтены настораживающие тенденции, появившиеся в 2013 году, когда во многих регионах наметилось массовое закрытие малых предприятий, в основном связанное с повышением налоговой нагрузки.

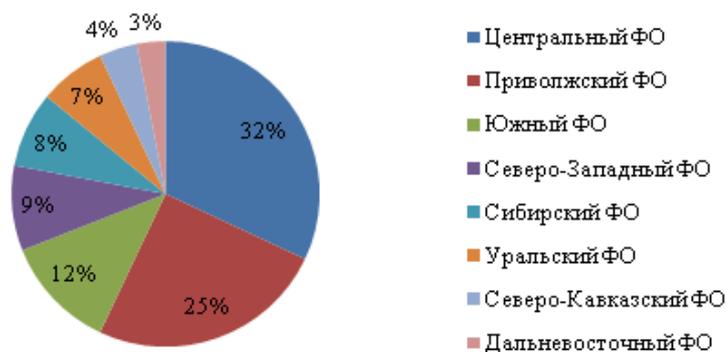


Рис. 3. Распределение объемов Программы по Федеральным округам Российской Федерации

Согласно прогнозу министерства, основные направления господдержки малого и среднего предпринимательства до 2030 года предполагают снижение уровня финансовой нагрузки от избыточных административных барьеров, расширение мер имущественной поддержки, снижение финансовых расходов, связанных с ведением предпринимательской деятельности. Также в рамках этих направлений поддержки и развития предпринимательства предполагается упрощение и удешевление доступа к различным объектам инфраструктуры, включая особые внедренческие и инновационные зоны, а также совершенствование трудового законодательства. В долгосрочной перспективе будет продолжена финансовая поддержка малых инновационных компаний, осуществляющих разработку и внедрение инновационной продукции (инновационные гранты, субсидии действующим инновационным компаниям, поддержка компаний, выходящих на биржу, программы обучения), а также финан-

совая поддержка средних компаний (субсидирование процентной ставки по кредитам; компенсация расходов на приобретение оборудования). Будут расширены направления поддержки и спектр программ и проектов в области развития малого и среднего предпринимательства. Особое внимание власти уделят поддержке экспортно-ориентированных предприятий. Будет продолжено совершенствование нормативного и правового регулирования сферы предпринимательства. Благодаря всем этим мерам и направлениям системной государственной поддержки малого и среднего бизнеса, планируется добиться увеличения, как доли малого и среднего бизнеса в валовом внутреннем продукте, так и численности занятых работников в предпринимательском секторе экономики до уровня развитых стран Европы. Однако, среди основных причин, сдерживающих дальнейшее устойчивое развитие малого и среднего бизнеса согласно исследованию, проведенному среди представителей данной сферы, являются следующие: высокие налоги, нестабильность налогового законодательства, неопределенность экономической ситуации, а также высокие ставки по кредитным ресурсам и нарушение прав предпринимателей со стороны органов государственной власти.

Очевидно, что развитие индивидуального, малого и среднего предпринимательства является один из национальных приоритетов экономики в любом государстве. Однако, 2015 год получился достаточно сложным для каждого сегмента экономики. Продолжающийся обмен экономическими санкциями между Россией и рядом западных стран, падение цен на нефть, рост курса иностранных валют, рост кредитных ставок – все это отразилось, в том числе и на состоянии предпринимательства в стране.

Литература.

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/ (Дата обращения: 05.01.2016).
2. Петров Е.В., Качаева С.Г. Стимулирование развития малого бизнеса и предпринимательства как основа обеспечения занятости молодежи // Наука и современность. – 2014. – № 1 (1). – С. 101 – 107.
3. Колосова М.В., Петров Е.В. Демографический ресурс Томской области как существенный потенциал развития территорий Сибири // Наука и современность. – 2014. – № 2 (2). – С. 180 – 187.
4. 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.
5. Вклад малого и среднего бизнеса в ВВП стран мира. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestifinance.ru/infographics/5333> (Дата обращения: 08.01.2016).
6. Петров Е.В., Морозов А.И., Колосова М.В., Печенкина Т.И. Современные социальные технологии в управлении занятостью населения (на примере Томской области) // Социальная политика и социология. – 2015. – Т. 14. – № 1 (107). – С. 41 – 53.
7. Петров Е.В., Морозов А.И., Колосова М.В., Печенкина Т.И. Регулирование занятости населения на современном этапе: региональный аспект // Социально-экономические и правовые основы развития экономики: коллективная монография [под ред. И.В. Тропченко]. – Уфа: Аэтерна, 2015. – С. 89 – 103.
8. Kolosova M., Morozov A., Petrov E., Pechenkina T., Voltaire T. The demographic potential of the regions of Siberia: contribution to the development of territory // French Journal of Scientific and Educational Research, 2014, No. 2. (12), (July-December). Volume I: «Paris University Press». – Paris, 2014. – p. 807 – 813.
9. Петров Е.В., Качаева С.Г. Управление занятостью молодежи путем развития малого бизнеса и предпринимательства на примере Томской области // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Национального Исследовательского Томского политехнического университета, 2015. – С. 238 – 242.
10. Петров Е.В., Качаева С.Г. Современные технологии социальной работы в социальной службе (на примере Алтайского «Краевого кризисного центра») // Научный альманах. – 2015. – № 8 (10). – С. 1450 – 1459.
11. 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.
12. Развитие молодежного предпринимательства в Томской области // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sibacc.ru/news/new/38/40763/?sphrase_id=1355 (Дата обращения: 08.01.2016).

**ИНВЕСТИЦИИ В ИННОВАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР
РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

Е.А. Спивакова, аспирант

Московский государственный университет путей сообщения

127994, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9

E-mail: chief.nauk@yandex.ru

Развитие современных предприятий машиностроительного комплекса во многом должно основываться на управлении масштабными инновационными изменениями в экономической деятельности. При этом с повышением уровня развития экономики возрастает роль инноваций как важнейшего фактора роста производства [1].

Для получения планируемых результатов инновационной деятельности необходима эффективная система управления инновациями. При этом управление инновационными изменениями должно основываться на современных методологических подходах и наличии круга профессиональных участников. Стратегической основой эффективного управления инновационными изменениями является формирование концепции стратегических преобразований. Содержание концепции отражает генеральный замысел участников экономической деятельности, определяющий стратегические направления изменений.

Система инновационных изменений включает совокупность взаимосвязанных процессов трансформации, перестройки и повседневных мелких усовершенствований. Трансформация характеризуется преобразованием структур, форм и методов хозяйственной деятельности предприятий машиностроения, изменением ее целевой направленности. Перестройка представляет собой глубокие преобразования, сопровождаемые существенными изменениями форм и методов хозяйствования. Повседневные усовершенствования включают непрерывные мелкие изменения, которые периодически производит организация для обеспечения своей устойчивости [3].

Основными сферами инновационных изменений в экономической деятельности являются финансовая, инвестиционная, маркетинговая, производственная и кадровая деятельность. Изменения в финансовой деятельности включают совокупность действий по совершенствованию системы движения денежных потоков, покрытию текущих и инвестиционных потребностей, оптимизации финансовых пропорций, распределением финансовых ресурсов и финансированию расходов.

Инвестиционная деятельность включает процесс вложения ресурсов в активы организации с целью увеличения прибыли или наращивания капитала. Маркетинговые изменения предполагают оптимизацию процесса удовлетворения нужд и потребностей посредством обмена. Производственные изменения включают совокупность действий направленных на создание разных видов продуктов или услуг. Кадровая деятельность представляет собой совокупность действий по организации труда, покрытию потребности в персонале, оптимизации трудовых расходов.

Однако необходимо отметить, что, несмотря на наличие благоприятных условий иностранные инвесторы пока не спешат выходить на отечественный рынок и вкладывать средства в его экономическое развитие, в частности в развитие предприятий машиностроительного комплекса.

Результаты ряда исследований свидетельствуют о том, что в значительной мере инвестиционная активность зарубежных бизнесменов и финансистов сдерживается нестабильностью общественно-политической обстановки, вследствие чего они реализуют не долговременные, а кратковременные проекты, которые могут быть свернуты при возникновении неблагоприятного инвестиционного климата в сжатые сроки и в любой момент.

Поэтому различные инициативы по привлечению прямых иностранных инвестиций для предприятий машиностроения, не смотря на предпринимаемые инициативы, не дают желаемых результатов.

Кроме того, в значительной мере сдерживающим привлечение финансовых средств фактором в этот, необходимый для социально-экономического развития процесс является неотработанность национального и регионального законодательства. В особой мере она проявляется в части недостаточного предоставления гарантий вложенным иностранным инвестициям.

Вместе с тем, обеспечение устойчивого развития предприятий машиностроения в решающей мере связано с оживлением инвестиционно-инновационного процесса, без чего невозможно восстановление производственного потенциала и экономический рост [2].

При этом влияние инвестиций в инновации на экономическое развитие предприятий машиностроительного комплекса бесспорно, но оно может проявляться по-разному, в зависимости от общего экономического положения в стране, от конкретных условий вложения и использования капитал-

ных средств. В современных условиях инвестирование должно стать одним из основных элементов федеральной и региональной экономической политики, направленной на возрождение региональных промышленных систем, а также экономической политики организаций, направленной на развитие их производственно-хозяйственной деятельности.

Однако проведенный анализ источников формирования инвестиций в основной капитал предприятий машиностроительного комплекса на развитие производства в области показал, что в 2011-2012 гг. основной источник финансирования (69,0%) составляли собственные средства предприятий и организаций, а средства федерального и местных бюджетов соответственно составляли в 2011 г. 6,0 и 5,0%, а в 2012 г. 6,1 и 5,35. В целом по отдельным отраслям также наблюдается картина снижения доли средств федерального, регионального и местного бюджетов, при значительном увеличении заемных и прочих привлеченных средств.

Так, доля финансирования за счет заемных и прочих привлеченных средств выросла с 13,1% в 1995 г. до 27,1% в 2012 г. При этом, на региональных предприятиях машиностроительного комплекса наблюдается значительное снижение ввода в действие важнейших производственных мощностей, за счет всех источников финансирования.

Следовательно, государственная политика привлечения инвестиций в инновации, по нашему мнению, должна исходить из необходимости решения такой целевой функции, как использование ограниченных бюджетных средств на развитие отдельных отраслей народного хозяйства. Реализация этой задачи возможна двумя путями, при помощи, в частности, следующих методов регулирования [4-5]:

1) прямых - создания государственной инвестиционной инфраструктуры, субсидирования отдельных отраслей хозяйства, государственного финансирования целевых федеральных и региональных программ, господдержки льготного кредитования приоритетных инвестиционных проектов (комплекса взаимосвязанных мероприятий, направленных на достижение определенной цели в течение ограниченного периода времени и при ограниченных ресурсах) субъектов хозяйствования, административно-ведомственных;

2) косвенных (государственного регулирования) – экономических (проведения гибкой кредитной, налоговой, амортизационной и ценовой политики, предоставления гарантий и льгот инвесторам), правовых (государственно-правового регулирования и поддержки инвестиционной деятельности, своевременного создания соответствующего нормативно-правового обеспечения, гармонизации отношений между предпринимательскими структурами и органами власти), организационных (обеспечения контроля за исполнением законодательных актов и постановлений государственных органов по организационно-экономическому регулированию деятельности организаций - страны, регионов, муниципальных образований и активизации инвестиционных процессов).

Таким образом, нами установлено, что в современных условиях на предприятиях машиностроительного комплекса важно обеспечить наиболее рациональное использование инвестиционных ресурсов. Для этого необходимо всесторонне обосновывать принимаемые инвестиционные решения, каждый инвестиционный проект, его эффективность и предусмотренную бизнес-планом окупаемость. Должен происходить непрерывный процесс реализации инвестиционных решений, направленный на достижение определенных стратегических целей и решение текущих задач развития, повышение эффективности и конкурентоспособности предприятий машиностроения, наиболее рациональное использование всех возможностей и ресурсов.

Стратегия развития предприятий машиностроительной отрасли основывается на системном подходе, в котором в качестве объекта управления можно рассматривать систему, самостоятельно формирующую свои цели в условиях изменений внешней среды по выходу и входам. Данный подход позволяет эффективно реализовать функции и достигать желаемых целей, а также учитывать в процессе управления возможные риски и неопределенности.

Таким образом, предприятия машиностроения, развиваясь в современных экономических условиях, осуществляя инновационную деятельность, каждый день сталкивается с условиями неопределенности и повышенного уровня риска, в связи с чем управление рисками является важной составляющей управленческого процесса.

Обобщая вышесказанное, следует отметить, что основой инновационных изменений в экономической деятельности предприятий машиностроительного комплекса должна стать целостная концепция стратегических преобразований. Она должна быть устойчиво направлена на создание экономических условий для эффективного использования всего потенциала экономики.

Литература.

1. Ахмедов А.Э., Шаталов М.А. Совершенствование механизма управления рисками машиностроительного комплекса в условиях нестабильности внешней среды // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2015. Т. 1. С. 105-111.
2. Баутин В.М., Мычка С.Ю. Развитие инвестиционного потенциала регионов в условиях нестабильности мировой экономики // Территория науки. 2015. № 4. С. 154-158.
3. Луценко М.С., Пешкова И.В. Оценка системы стратегического управления предприятием в условиях инновационных изменений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 9. С. 98-101.
4. Шаталов М.А., Ахмедов А.Э. Совершенствование механизма государственного регулирования металлургического комплекса в условиях нестабильности внешней среды // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2015. № 1. С. 67-73.
5. Шаталов М.А., Давыдова Е.Ю., Мычка С.Ю. Формирование механизма устойчивого развития предпринимательских структур машиностроительного комплекса // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2015. Т. 1. С. 194-198.

**КОРПОРАТИВНАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КАК МЕХАНИЗМ
ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*М.А. Шаталов, к.э.н., доц., С.Ю. Мычка, ст. преподаватель
Воронежский экономико-правовой институт
394042, г. Воронеж, пр. Ленинский, 119а, тел. (473)-272-79-39
E-mail: svetlana_mychka@mail.ru*

В настоящее время направления исследований в сфере корпоративной социальной ответственности (КСО) достаточно разнообразны, включающие в себя всевозможные области изучения. Большое количество работ, особенно в последнее время, было посвящено взаимосвязям и взаимоотношениям корпоративной социальной ответственности и бизнес-стратегиям, повышению конкурентоспособности предприятий и организаций (в том числе в области машиностроения) путем реализации корпоративной социальной политики.

Перспективное развитие организации машиностроительного комплекса в долгосрочной перспективе возможно только при сформировании своих конкурентных преимуществ. Можно выделить следующие виды конкурентных преимуществ [1]:

- НИОКР, ноу-хау, уникальные технологии, способность создавать конкурентоспособную продукцию;
- инновации, быстрая смена ассортимента в ответ на изменяющиеся предпочтения потребителей;
- наличие квалифицированного персонала;
- хорошо отработанные, эффективные бизнес-процессы: сбыт, маркетинг, управление и мотивация персонала, бюджетирование, планирование, управление проектами, управление качеством и т. д.;
- сильный бренд;
- связи с поставщиками особенно, если предоставляется возможность даже частичного контроля за сырьем и исходными материалами;
- возможности лоббирования интересов компании или отрасли (связи с госструктурами);
- способность обеспечения финансирования (связь с финансовыми институтами и инвесторами).

Таким образом, реализация конкурентных преимуществ на рынке во многом определяет конкурентоспособность организации машиностроительной сферы, природа которой обусловлена, прежде всего, наличием множества детерминирующих ее внутренних и внешних факторов.

Источники конкурентных преимуществ машиностроительной организации - явления и процессы внутренней среды организации машиностроительного комплекса и ее внешнего окружения (Рисунок 1), которые вызывают изменение уровня конкурентоспособности организации. Среди ключевых факторов обеспечения конкурентных преимуществ организации машиностроительного комплекса сейчас наиболее часто выделяют инновации, производительность, человеческие ресурсы и пр.

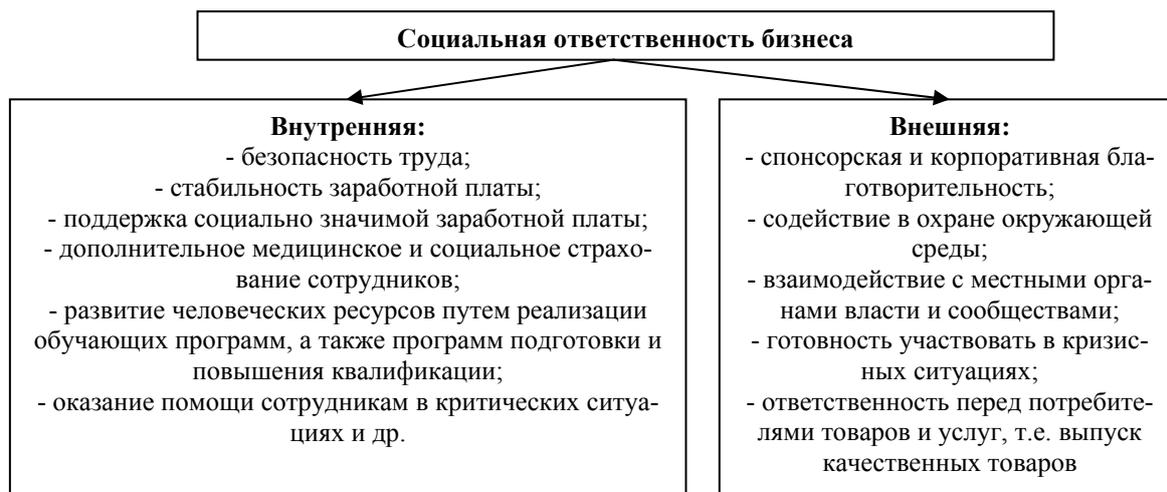


Рис. 1. Структура социальной ответственности предприятия машиностроительного комплекса

В современном мире традиционный подход к оценке конкурентоспособности компании на основе материально-финансовых факторов часто ведет к неверным выводам из-за неадекватной оценки способности экономически успешной компании своевременно нейтрализовать влияние негативного характера на свой бизнес со стороны конкурентов, государства и общества [2; 4].

Так, политика КСО предприятий машиностроительного комплекса включает в себя несколько областей ответственности: перед партнерами, потребителями, работниками, перед обществом в целом [3; 5].

Конечно, в организации машиностроительного комплекса существует и персональная ответственность за соблюдение корпоративной социальной ответственности. Она лежит в некоторых организациях на советах директоров, в других – на генеральном директоре. На протяжении последнего времени руководители большинства предприятий машиностроительной отрасли пришли к выводу, что регулярная систематическая независимая оценка КСО имеет огромное значение. Так, например, в рамках данных процессов появилось такое понятие, как «социальный аудит». Отчет независимых аудиторов в обязательном порядке включается в отчет организации о КСО (Рисунок 2).

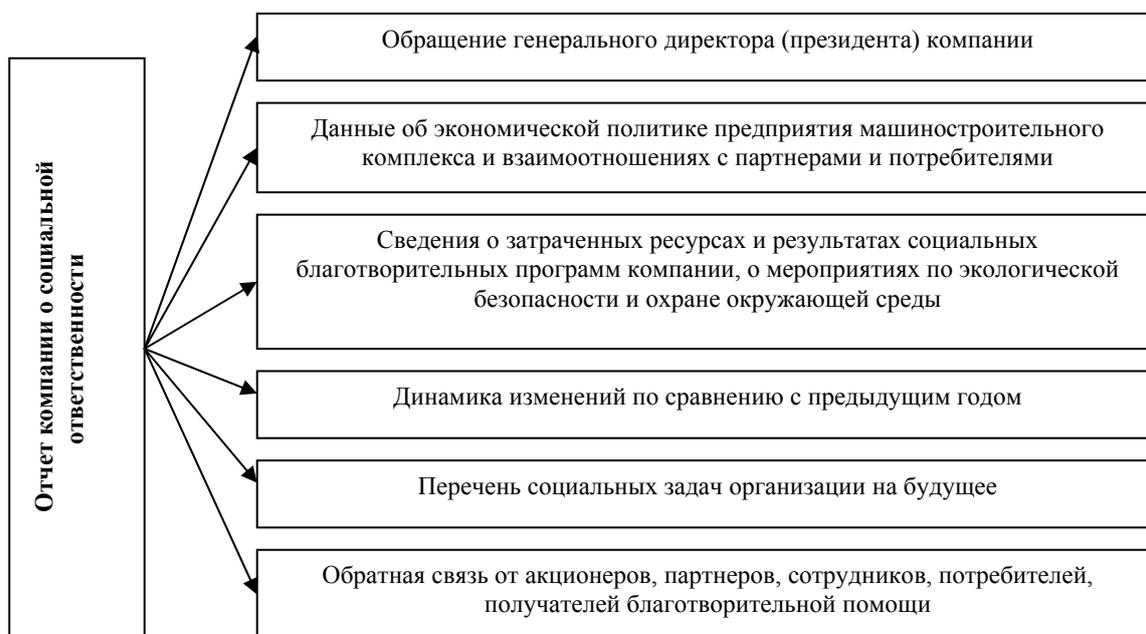


Рис. 2. Структура отчета о реализации политики КСО

Необходимо отметить, что положительную динамику КСО обеспечивают [3-4]:

- ответственный подход организации к выбору партнеров;

- единое понимание партнерами целей и предполагаемых результатов деятельности;
- согласованная PR-политика в отношении партнерства;
- заключение юридического договора и согласование затрат на реализацию программы.

В настоящее время существует огромное количество форм участия предприятий машиностроения в социальных расходах органов местной власти от прямого финансирования проектов до реализации программ совместно с другими предприятиями (партнерами, конкурентами), благотворительными организациями, частными инвесторами и т.д. (Таблица 1).

Таблица 1

Виды корпоративных социальных программ

Вид программы	Описание
Грантовый конкурс	Проводится с целью определения и поддержания наиболее эффективных проектов, направленных на решение социальных проблем учредившего конкурс сообщества
Стипендии	Распределяются на конкурсной основе. Позволяют сочетать поддержку образования с возможностью растить кадры для собственной организации, а также развивать науку в определенной интересующей области
Программа пожертвований сотрудников	Программа частных пожертвований предусматривает вложение денежных средств сотрудниками организации (по совместному решению сумма пожертвований может быть увеличена или уменьшена). Информация по расходованию средств находится в открытом доступе.
Программа пожертвований клиентов	Направлена на вовлечение клиентов непроизводственных компаний в благотворительные программы
Фонд местного сообщества	Объединяет усилия бизнеса, органов власти и общества для решения локальных проблем
Корпоративный фонд	Является самым распространенным методом КСО. Как правило, фонд занимается только благотворительными проектами

Таким образом, можно сделать вывод, что реализация концепции корпоративной социальной ответственности дает предприятию машиностроительного комплекса следующий результат:

- укрепление сплоченности коллектива, уменьшение «текучести кадров»;
- развитие прозрачности компании для общественности;
- повышение инвестиционной привлекательности организации;
- повышение конкурентных преимуществ организации;
- рост имиджа и деловой репутации и т.д.

Важной особенностью является тот факт, что базисом социально ориентированного поведения должны быть не прагматичные мотивы, а именно внутренние чувства и побуждения представителей бизнес-структур. Только в этом случае потенциальные возможности трансформируются в реальные конкурентные преимущества.

Литература.

1. Ахмедов А.Э., Смольянинова И.В. Региональные аспекты обеспечения конкурентоспособности промышленных предприятий // Проблемы и перспективы социально-экономического развития регионов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Киров, 2015. С. 48-50.
2. Габелко Н.Е. Социальное партнёрство: основной элемент и метод социального управления обществом // Территория науки. 2015. № 4. С. 100-107.
3. Мычка С.Ю. Проблемы экономики труда и управления персоналом // В сборнике: Перспективы инновационного развития современного мирового сообщества: экономико-правовые и социальные аспекты. Материалы Международной юбилейной научно - практической конференции ВЭПИ-ВГЛТА-2012: в 5 - ти томах. Главный редактор С. Л. Иголкин, ответственный редактор Т. Л. Безрукова, А. Э. Ахмедова. 2012. С. 158-160.
4. Мычка С.Ю. Мотивация персонала в современных организациях // Совершенствование экономических и правовых отношений в современных российских условиях. Сборник материалов международной научно-практической заочной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 74-77.
5. Сорокин Б.Ф. Специфика политического маркетинга, как второй исторической формы социального обмена // Синергия. 2015. № 2. С. 7-20.

АНТИКРИЗИСНАЯ СТРАТЕГИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

К.С. Ибрагимова, студ., В.А. Трифонов к.э.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: mamontenok21@mail.ru

На сегодняшний день стратегия – это основополагающий стержень для управления предприятием. Понимание этого позволит обеспечить предприятию устойчивое экономическое развитие, повысить конкурентоспособность производимой им продукции и оказываемых услуг [1].

В современных условиях, необходимо обеспечить такое управление, которое позволило бы оперативно адаптировать предприятие к быстро меняющимся условиям ведения бизнеса. Появление новых запросов потребителя, изменения в окружающей среде, постоянный рост конкуренции, интернационализация и появление новых возможностей для бизнеса, открываемых достижениями науки и техники, развитие информационных сетей, повсеместная доступность современных технологий, изменение роли человеческих ресурсов привели к значительному возрастанию значения стратегического управления предприятием [2].

Целью данной статьи является построение антикризисной стратегии предприятия на примере ОАО «Меридиан» (основной вид деятельности производство деталей и узлов на комплектацию и для ремонта автомобилей). Для достижения данной цели необходимо провести анализ деятельности предприятия, выявить потенциальные возможности, опасности, сильные и слабые стороны его деятельности и разработать антикризисную стратегию предприятия.

Антикризисная стратегия – это стратегия, оптимизирующая поведение предприятий в условиях спада в отрасли, устойчивого снижения основных финансовых показателей деятельности предприятий и угрозы банкротства.

Различают несколько типов **антикризисных стратеги** предприятий [4- 9]:

- Антикризисная *производственная стратегия* включает следующие стратегии: улучшение качества продукции, перестройку структуры предприятия, изменение номенклатуры и ассортимента продукции, повышение экономической эффективности производства.

- Антикризисная *кадровая, управленческая стратегия* основывается на улучшении кадрового потенциала, повышении квалификации, в особенности отделов маркетинга и сбыта, бухгалтерии и финансов, внедрении новых методов управления, а также при необходимости смене руководства.

- Антикризисная *финансовая стратегия* нацелена на эффективность системы управления финансами с целью решения стратегических и тактических задач его деятельности. Включает: стратегию оптимизации структуры капитала; стратегию улучшения системы учета и контроля издержек; стратегию оптимизации прибыли.

- В научной литературе по маркетингу и экономике предприятия изучаются различные виды *стратегий ценообразования* в зависимости от типа и конъюнктуры рынка несовершенной конкуренции, условий производства, целевой ориентации предприятия.

Наблюдаемое ограниченное применение предлагаемых стратегий в экономической практике объясняется, на наш взгляд, отсутствием в этих работах (за малым исключением) стратегии, обеспечивающей решение задачи роста за счёт производства нового продукта, при реализации его на уже освоенном предприятием рынке.

Объект исследования является ОАО «Меридиан» открытое акционерное общество, которое образовалось 25 августа 1992 года. Данное предприятие относится к автомобильной промышленности, его специализация – производство фильтрующих элементов для автомобилей, машин сельскохозяйственной отрасли и других устройств, где необходима высокая очистка применяемых средств от загрязнений. Предприятие организует предпродажную подготовку авто- и мототехники и номерных узлов, агрегатов.

Предприятие обеспечено оборудованием высокого технического уровня, о чем свидетельствует использование оборудования ведущих брендов мира: AIDA (Япония), Cosmek (Италия), Cavasaki (Япония), Siemens (Германия). На предприятии расположено 17 цехов, 2 из них инструментальных, что позволяет изготавливать специальные инструменты. Так же на данных площадях расположены участок станкостроения и нестандартного оборудования, энергоремонтный и транспортный цеха.

Структура управления предприятия линейно-функциональная. В управляющую структуру предприятия входит совет директоров, собрание акционеров, генеральный директор и ликвидационная комис-

сия. Исполнительным органом общества с ограниченной ответственностью является генеральный директор. Органом внутреннего финансового контроля предприятия является ревизионная комиссия [3].

Основные материалы, используемые для производства продукции: ленты металлические, бумага, фильтрующий картон, клей различных марок, пластизоли, лаки, химикаты, краски и др. Предприятие самостоятельно изготавливает пластизоли по собственным рецептам, а так же основную массу РТИ.

Остальные материалы и сырье ОАО «Меридиан» приобретает у сторонних организаций, представленных на рисунке 1 [5].



Рис. 1. Поставщики ОАО «Меридиан»

Основными конкурентами ОАО «Меридиан» являются предприятия, выпускающие аналогичную продукцию (Таблица 1) [5].

Таблица 1

Предприятие	Предприятия-конкуренты ОАО «Меридиан»			
	ОАО «Меридиан»	ОАО «Энгельский завод фильтров»	«Невский фильтр»	«Цитрон»
Вид продукции	фильтра и фильтрующие элементы, глушители выхлопа, насосы ручные гидравлические	элементы очистки воздуха, масла и топлива	Ассортимент меньше чем у ОАО «Меридиан»	фильтра и фильтрующие элементы, запасные части для автомобильной техники
Отличительные особенности	Организует предпродажные подготовки авто- и мототехники и номерных узлов, агрегатов	Имеет возможность предоставлять скидки для оптовых покупателей	Грамотная рекламная компания в СМИ	Улучшение внешнего вида масляной группы фильтров

При сравнении ценовой политики можно сказать, что по отношению к конкурентам цены ОАО «Меридиан» вполне доступны. Реализацию продукции в ОАО «Меридиан» осуществляют при помощи таких операций как: бартер, взаимозачет, в кредит, за наличный расчет и т.п.

Чистая прибыль – часть балансовой прибыли, остающаяся в распоряжении предприятия после уплаты налогов, сборов, рентных и иных платежей в бюджет. Она является источником накоплений, средств на развитие производства, удовлетворение социально-бытовых нужд работников, их материальное стимулирование, формирование фондов и резервов, на выплату дивидендов. В 2015 году чистая прибыль предприятия снизилась по сравнению с 2014 годом на 23463 тыс. руб. (рисунок 2).

В целом, ОАО «Меридиан» получило объем чистой прибыли для ведения дальнейшей деятельности [5].

В 2015 году по сравнению с 2014 годом уровень рентабельности реализации продукции снизился на 61,1%. Коэффициент финансовой независимости характеризует отношение собственного капитала к общей сумме капитала (активов) предприятия.

Коэффициент показывает, насколько организация независима от кредиторов. Чем меньше значение коэффициента, тем в большей степени организация зависима от заемных источников финансирования, тем менее устойчивое у нее финансовое положение.

Финансовая независимость ОАО «Меридиан» в 2015 году составляет 0,766, а в 2014 году 0,815. Показатель позволяет определить долю активов организации, покрываемых за счет собственного капитала. За счет заемных средств покрывается оставшаяся доля активов. Показатель определяет соотношение собственного и заемного капитала организации. $K < 0,5$ (в пределах нормы). Это говорит о том, что предприятие финансово независимо.

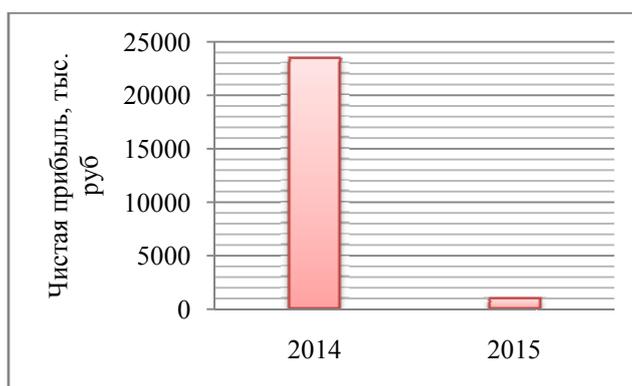


Рис. 2. Динамика изменения чистой прибыли ОАО «Меридиан»

Рентабельностью активов в 2015 году снизилась на 6,2%. Данная динамика вероятнее всего связана с неэффективным использованием оборотного капитала в ОАО «Меридиан».

Оценка платежеспособности предприятия является одним из важнейших критериев финансового положения предприятия. Под данным критерием принято понимать способность предприятия рассчитываться по своим долгосрочным обязательствам. Показатели ликвидности позволяют провести оценку платежеспособности предприятия.

Общая обеспеченность предприятия оборотным капиталом определяется коэффициентом текущей ликвидности. Оборотный капитал позволяет обеспечивать ведение финансово-хозяйственной деятельности и своевременное погашение текущих обязательств.

Коэффициент текущей ликвидности показывает долю оборотного капитала, сформированного из текущих обязательств. В 2014 году коэффициент текущей ликвидности составлял 2,71, а в 2015 г. его значение составляло 3,42, что является нормальным (см. рисунок 3). Коэффициент текущей ликвидности считается нормальным, когда его значение находится в пределах 2.

Увеличение доли собственных оборотных средств в общей сумме активов с 0,86 в 2013 г. до 0,9 в 2015 г. говорит о достаточной обеспеченности организации собственными оборотными средствами.

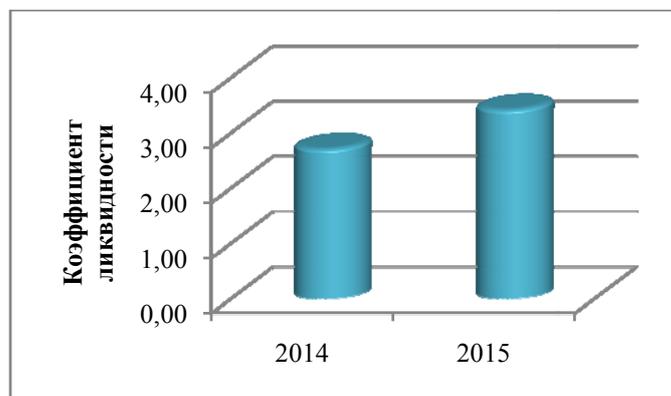


Рис. 3. Динамика ликвидности за 2014–2015 годы [5]

Тем не менее, при наличии положительной динамики финансовых коэффициентов в сторону увеличения, наблюдается неустойчивость финансового состояния предприятия. Налаженные каналы снабжения и сбыта, а также стабильный спрос на продукцию могут благоприятно повлиять на финансовую устойчивость предприятия.

Анализ финансового состояния и хозяйственной деятельности ОАО «Меридиан» показал, что снижение прибыли является основной проблемой данного предприятия. Помимо этого, в ходе анализа наблюдается скачкообразный характер динамики большинства показателей. Показатели резко снижаются в 2015 году по сравнению с 2014 годом. Возможно, это связано со снижением рентабельности продаж данного предприятия.

При проведении SWOT-анализа установлено, что для своего дальнейшего развития предприятие имеет достаточный потенциал. Слабыми звеньями предприятия являются достаточно высокие издержки производства, которые значительно уменьшают прибыль предприятия, и высокая конкурентоспособность.

Для предприятия ОАО «Меридиан» выбрана антикризисная стратегия, которая входит в группу «**стратегии концентрированного роста**». Стратегия подразумевает выпуск как новой продукции, так и повышение качества производимой продукции, с изменением товара или рынка. Для данного предприятия выбрана стратегия, обеспечивающая решение задачи роста за счёт производства нового продукта, при реализации его на уже освоенном предприятием рынке.

Предлагаемая стратегия развития позволит освоить новые виды продуктов, и укрепить свои деловые и экономические позиции на уже сформированных и освоенных рынках. Предполагается внедрение и освоение производства изделий на основе зарубежных аналогов данной категории.

Таким образом, предложенная стратегия приведет к увеличению реализации объёмов продаж вследствие чего произойдет увеличение и повышение доходов предприятия. Так же для реализации стратегии должны быть учтены наличие финансово-материальных ресурсов, ресурсов резерва персонала, к которому, в новых условиях, будут предъявлены требования другого уровня принятия решений, ответственности и подхода к выполнению своих должностных обязанностей.

Литература.

1. Антонов Г.Д., Иванова О.П., Тумин В.М. Управление конкурентоспособностью организации: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 300 с.
2. Антонов Г.Д., Иванова О.П., Тумин В.М. Стратегическое управление организацией: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 239 с.
3. Ревизионная комиссия: [Электронный ресурс] – <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/revizionnaya-komissiya.html>.
4. Аристов А.П. Управление качеством: Учебник для вузов. – М.: ИНФРА – М, 2009. – 240 с.
5. Предприятия в условиях кризиса: [Электронный ресурс] – <http://www.allbest.ru/>
6. Управление качеством: Учебное пособие / Ю.Т. Шестопап, В.Д. Дорофеев и др. – М.: ИНФРА – М, 2010. – 331 с.
7. Трифионов В.А. Особенности разработки и реализации различных стратегий инновационного развития градообразующих предприятий в современных условиях. [Текст]. – М. Инновации, 2008. – № 3.
8. Трифионов В.А., Данилов Н.Н. Метод дифференциации цен в условиях несовершенной конкуренции. [Текст]. – Экономический анализ: теория и практика, 2011 - №36.
9. Трифионов В.А. Факторы и принципы формирования промышленно-инновационных кластеров // Вестник кемеровского государственного университета, 2013. - №1.

РОЛЬ КРЕДИТА И КРЕДИТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ

В.И. Марчук, старший преподаватель кафедры ЭиАСУ

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Email: tika75-1977@mai.ru

С изменениями экономических условий в стране происходят и изменения роли кредита и сферы его применения. Но наиболее важна роль кредита в условиях инфляции, когда регулирование массы денег в обращении, происходящее с помощью кредита, приобретает возрастающее значение для поддержания стабильности покупательной способности денежной единицы [1].

Кредитные отношения строятся между кредитором и заемщиком на взаимной имущественной ответственности друг перед другом, юридические моменты оговариваются в кредитном договоре, заключение которого является неотъемлемым этапом кредитного процесса.

форма движения ссудного капитала;

Кредит это - сделка между экономическими партнерами, принимающая форму ссуды, т.е. предоставление имущества или денег другому лицу (юридическому или физическому) в собственность на условиях срочности, платности и возвратности и включенная в смету сумма, в пределах которой разрешен расход на определенные потребности.

Совершенствование методов кредитования способствует повышению роли кредита в области его использования, в частности, в качестве источника инвестиций. Повышению роли кредита, его влиянию на развитие производства и реализацию продукции способствуют меры по регулированию объема кредитных вложений, эмиссии наличных денег.

Методы обуславливаются возвратностью кредита и как правило, платным предоставлением средств. Это повышает ответственность и усиливает заинтересованность участников кредитных операций, побуждая их к целесообразному предоставлению и использованию заемных средств.

Сущность кредита проявляется через его функции [2]. Существуют функции кредита:

- перераспределительная функция;
- функция замещения;
- воспроизводственная функция;
- стимулирующая функция;
- макрорегулирующая функция.

Роль кредита проявляется и в результатах складывающихся при осуществлении различных видов хозяйственных отношений, возникающих при коммерческом, банковском, потребительском, государственном и прочих видах кредитования.

На рынке реализуются в основном следующие формы кредита:

- государственный;
- банковский;
- международный;
- коммерческий;
- ипотечный ;
- потребительский.

Они отличаются друг от друга составом участников, объектом ссуд, динамикой, величиной процента, сферой функционирования и т.д. Банковское кредитование предполагает широкое использование привлеченных средств. Иными словами, применение банковского кредита сводится к перераспределению материальных ресурсов. Такой результат применения банковского кредита характеризует его значение в перераспределении материальных ресурсов в хозяйстве. Практически тоже самое происходит и при применении государственного, потребительского, а также ипотечного кредитов, предоставляемых под залог недвижимого имущества и на сооружение такой недвижимости, как жилье, становится возможным перераспределение материальных ресурсов. Все это свидетельствует о важности участия кредита в перераспределении материальных ресурсов. Однако это предполагает необходимость таких кредитных отношений, при которых достигается целесообразное использование ресурсов.

Немалые изменения происходят и в методах ипотечного кредитования, так как в период перехода к рыночной экономике, в России не применялся ипотечный кредит. Так, ипотечный кредит обычно предусматривает предоставление ссуд под залог недвижимости (зданий, земли). При этом предоставленные ссуды могут использоваться для удовлетворения различных потребностей, включая и расходы на потребление. Здесь также происходят изменения применяемых методов кредитования, состоящие в том, что ссуды предоставляются под залог части сооружаемых объектов, например при жилищном строительстве.

В таких случаях предоставленный кредит может служить источником средств для последующего строительства на условиях полного погашения ссудной задолженности за счет выручки от реализации сооружаемых объектов. Это подтверждает, что совершенствование методов кредитования способствует повышению роли кредита, в частности, в области его использования в качестве источника инвестиций.

Что касается роли потребительского кредита, то его применение позволяет быстрее удовлетворять разнообразные потребности населения, в том числе их желание приобрести предметы длительного пользования до их полной оплаты, внести взнос на получение жилья и др. Потребительские кредиты способствуют повышению уровня потребления.

Государственный кредит используется главным образом для привлечения средств на покрытие расходов бюджета. Благодаря этому становится возможным обеспечить средствами расходы бюджета, в том числе покрытие бюджетного дефицита. Использование заемных средств для такой цели обычно ограничивается в интересах экономного использования ресурсов, тем более что впоследствии такая задолженность должна быть погашена.

Одним из проявлений роли кредита выступает его воздействие на бесперебойность процессов производства и реализации продукции. Подобные результаты достигаются при применении в частности коммерческого кредита. Заемщик может, даже при отсутствии у него требующихся денежных средств, приобрести материальные ресурсы, необходимые для бесперебойности процессов производства и реализации продукции. Большие возможности участия кредита в расширении производства. Заключается при его применении в качестве лизинговых операций.

Лизинг – это одно из важнейших направлений повышения роли кредита в развитии современной экономики.

Кредит играет специфическую роль в экономике: он не только обеспечивает непрерывность производства, но и ускоряет его. Кредит содействует экономии издержек обращения. Это достигается за счет:

- сокращения расходов по изготовлению, выпуску, учету и хранению денежных знаков, ибо часть наличных денег оказывается ненужной;
- ускорение обращения денежных средств, многократного использования свободных денежных средств;
- сокращение резервных фондов.

Роль кредита в различных фазах экономического цикла неодинакова. В условиях экономического подъема, достаточной экономической стабильности кредит выступает фактором роста.

Перераспределя огромные денежные и товарные массы, кредит питает предприятия дополнительными ресурсами. Его негативное воздействие может, однако, проявляться в условиях перепроизводства товаров. Особенно заметно такое воздействие в условиях инфляции [3].

Новые платежные средства, входящие посредством кредита в оборот, увеличивают и без того избыточную массу денег, необходимых для обращения. Кредит вне зависимости от своей социальной стороны выполняет определенные функции, такие как регулирование объема совокупного денежного оборота, перераспределение денежных средств на условиях их последующего возврата, аккумуляция временно свободных денежных средств. Меры по регулированию объема кредитных вложений, эмиссии наличных денег способствуют повышению роли кредита, его влиянию на развитие производства и реализацию продукции, на совершенствование хозяйственной деятельности.

Литература.

1. Белоглазова О. И. Деньги. Кредит. Банки./ О. И. Белоглазова. - М.:ЮРАЙТ-ИЗДАТ 2013 г. - 560с.
2. Боровкова В. А. Основы теории финансов и кредита./ В. А. Боровкова. - СПб.- Питер. 2012 г. - 374 с.
3. Поляка Г. Б. Финансы. Денежное обращение. Кредит./ Г. Б. Поляка. - М: Юнити – Дана. 2009г.- 407 с.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ВНЕШНИЕ ЭФФЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Е.В. Полицинская, к.пед.н., доц., А.В. Сушко, ассистент, Н.М. Борисова, преподаватель

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56

Юргинский техникум агротехнологий и сервиса

г. Юрга, ул.Шоссейная, 100

E-mail: Katy@mail.ru; sushko.a.v@mail.ru

Развитие научно-технического прогресса в результате привело к росту промышленности, мобильности передвижения и общения современного человека, созданию огромного числа экономических благ, которые удовлетворяют разнообразные наши потребности.

Но в современных условиях необходимо осознавать, что подобное благоденствие может закончиться, если экономическое развитие будет не учитывать законы биосферы, а промышленность

не научатся реализовывать свою деятельность в рамках, определяемых конечным характером природных благ и ограниченными возможностями природы перерабатывать выбрасываемые отходы.

Проблема рыночного механизма функционирования экономической системы состоит в том, что рынок не в состоянии обеспечить условия устойчивого воздействия на природу. Система общественных отношений, которая связана с использованием общественных благ, проявляет себя в виде внешних эффектов или экстерналий.

Экологическая проблема является классическим негативным внешним эффектом, который свидетельствует о том, что общество достигло предела, определяемого ассимиляционным потенциалом природы, и требует создание механизмов, способных регулировать доступ к этому ограниченному ресурсу.

Проводимые исследования учеными показывают, что свыше 95% всех выбросов приходится на промышленные источники: горнодобывающая, металлургическая промышленность и производство энергии из невозобновляемых ресурсов. Эти предприятия потребляют свыше 95% природного углеводородного топлива, при сжигании которого на каждый килограмм углерода образуется 3,7 кг. двуокси углерода, оксиды азота, серы, другие токсины и выделяется 7000 ккал. тепловой энергии.

Если учесть тот факт, что сбросы промышленных предприятий превышают выбросы в десятки раз, то становится совершенно очевидно, **что машиностроение, как главный потребитель природных ресурсов, является основным загрязнителем биосферы.**

В таблице 1 отражены статистические показатели образование отходов производства и потребления по видам экономической деятельности по РФ [1].

Таблица 1

Образование отходов производства и потребления по видам экономической деятельности по РФ (миллионов тонн)

Образование отходов производства и потребления по видам экономической деятельности по РФ (миллионов тонн)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Всего, в частности:	3035,5	3519,4	3899,3	3876,9	3505,0	3734,7	4303,3	5007,9	5152,8
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	180,4	189,8	145,0	177,7	174,6	194,1	186,8	220,8	172,7

Из данных таблиц видно, что динамика образования отходов с каждым годом является возрастающей. В частности по металлургическому производству наблюдается незначительное снижение отходов 2013 году, что связано со снижением спроса на данную продукцию.

В таблице 2 отражены использование и обезвреживание отходов производства и потребления по видам экономической деятельности в РФ [1].

Таблица 2

Использование и обезвреживание отходов производства и потребления по видам экономической деятельности в РФ

Использование и обезвреживание отходов производства и потребления по видам экономической деятельности (миллионов тонн)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Всего	1265,7	1395,8	2257,4	1960,7	1661,4	1738,1	1990,7	2348,1	2043,6
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	65,4	81,5	39,8	67	79,8	80,2	76,7	126,3	87,4

Результаты таблица 2 позволяют сделать вывод, что обезвреживание отходов металлургического производства значительно отстает от образования отходов.

Далее хотелось бы более подробно остановиться на действиях экстерналий от машиностроительного производства по загрязнению почв. В качестве источника загрязнения может выступать город в целом, группа предприятий или одно предприятие. В почвах измеряются массовые доли алюминия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, олова, свинца, ртути, хрома, цинка и других элементов в различных формах: валовых, подвижных, кислоторастворимых и других.

Приоритет при выборе пунктов наблюдений за загрязнением почв отдается районам, в которых расположены предприятия цветной и чёрной металлургии, энергетики, машиностроения и металлообработки, топливной и энергетической, химической и нефтехимической промышленности, предприятий по производству стройматериалов, строительной промышленности.

Оценка степени опасности загрязнения почв тяжелыми металлами проводится по показателям загрязнения Z_f (с учётом фонов) и (или) Z_k (с учётом кларков), которые являются индикаторами неблагоприятного воздействия на здоровье человека.

Согласно показателю загрязнения Z_f , к опасной категории загрязнения почв тяжелыми металлами относится 2,6% обследованных за период 2004–2013 гг. населённых пунктов, их отдельных районов, одно и пятикилометровых зон вокруг источников загрязнения, пунктов многолетних наблюдений (ПМН), состоящих из участков многолетних наблюдений (УМН), к умеренно опасной – 7,7%.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод, что проблема экологии и развития машиностроения обостряется с каждым днем и не принимать никаких действующих мер невозможно.

Как видно из рисунка 2, последние десять лет финансирование мероприятий по охране окружающей среды ведётся неравномерно – в одних случаях есть тенденции к увеличению, а в других к уменьшению. Так, финансирование «Очистка сточных вод» постоянно росло, но в последний год резко сократилось, так же как и по направлению «Обращение с отходами». Наименьший прирост в финансировании, а в последние годы и вообще, постоянное снижение, были по направлению «Сохранение биоразнообразия».



Рис. 2| Расходы на окружающую среду

Из диаграммы видно, что за период с 2008г. по 2014г. расходы федерального бюджета РФ на охрану окружающей среды возросли на 11227,45 млн.руб., то есть в 2,1 раз.

В Российской Федерации система экологического регулирования представляет собой разрешительную систему, носящую обязательный характер. Основные элементы этой системы составляют производственно-хозяйственные нормативы, которые предприятия должны самостоятельно за свой счет разработать, согласовать и утвердить. Разрешительная документация состоит из разрешения на выбросы вредных веществ в атмосферу (предельно-допустимые выбросы); разрешения на сброс загрязняющих веществ в составе сточных или дренажных вод (нормативно-допустимые стоки); норма-

тивы образования отходов и лимиты на их размещение; разрешения на временно согласованные выбросы или сбросы и другое.

Хотелось бы отметить, что только часть требуемых разрешений имеет непосредственно природоохранный характер (например, разрешения на выбросы загрязняющих веществ). Другая часть необходимой разрешительной документации, на первый взгляд, не относится к сфере природопользования и охраны окружающей среды (разрешение на строительство или разрешение на ввод объекта в эксплуатацию). Однако косвенно она также способствует выполнению природоохранных требований, поскольку подтверждает, что объект спроектирован и построен в соответствии с действующими нормативными требованиями и соответствует экологическим требованиям в той мере, в какой это определено этими нормами [2].

Таким образом, в настоящее время достаточно глубоко разработаны вопросы эксплуатационной экологичности изделий, которые количественно определяется уровнем токсичности, объёмом загрязнений, шумностью и другими критериями их использования. Эти показатели жёстко нормируются законодательством всех стран. А вот вопросам **производственной экологичности**, то есть количеству загрязнений окружающей среды при изготовлении изделий, совершенно не уделяется внимания ни в научно-технической, ни в производственной сфере, и это при том, что промышленное производство даёт свыше 95% загрязнений окружающей среды.

Производственная экологичность технических изделий не регламентируется государственными и международными стандартами (ISO). Отсутствуют действенные санкции и научно-обоснованные экологические критерии производства технических изделий. В связи с этим практически все производители наращивают выпуск продукции из первичных ресурсов, не учитывая того, что именно первичный материал изделий является определяющим показателем загрязнения окружающей среды и его производственной экологичности, которая должна строго регламентироваться при разработке изделия, проектировании предприятий, подготовке производства, изготовлении изделий и реконструкции действующих предприятий.

Проблему загрязнения окружающей среды в значительной степени может решить крупносерийное реновационное производство технических изделий, отслуживших свой первый регламентный срок – это до 85% изношенных деталей машин. К концу первого эксплуатационного цикла (первого межремонтного пробега) выбраковывается в металлолом не более 20 % деталей, до 20 % деталей пригодны к дальнейшей работе без ремонтных воздействий, а свыше 60 % имеют остаточный ресурс долговечности до 90 % и остаточную стоимость до 85 % от новых, изготовленных из первичных ресурсов. Переработка этих групп деталей как металлолома обуславливает потери до 70 % от стоимости новых и только на 40 - 60% снижает вредные выбросы.

Технико-экономические основы вторичного производства машин теоретически были разработаны еще в 60 годы и подтверждены практически наличием крупной ремонтной отрасли в машиностроении, в ремонте самолетов, речных и морских судов, подвижного состава транспорта, сельхозтехники. Однако во времена дальнейшего индустриального развития оно не получило никакого развития главным образом из-за низкой стоимости энергетических и минеральных природных ресурсов во всем мире. Были причины политические, социальные и другие, но основная причина состояла в том, что экологическая проблема тогда не стояла так остро. Сегодня она крайне актуальна в связи с практическим истреблением природных ресурсов за последние 30 – 50 лет [3]. Современные технологии восстановления технических изделий обеспечивают их себестоимость до 30% от новых и позволяют не только сохранить номинальные параметры, но и значительно их улучшить. Анализ показывает, что это производство имеет уникальный экологический потенциал. При восстановлении деталей и машин в десятки и сотни раз меньше, по сравнению с изготовлением их из первичных материалов, расходуется сырьевых и энергетических ресурсов, и в таком же соотношении снижается количество загрязнений. Например, при восстановлении коленчатого вала, блока цилиндров, гильзы и других деталей двигателя ЗИЛ и ЗМЗ выбросов получается примерно в 20 раз меньше по сравнению с изготовлением новых. А при капитальном ремонте автомобильного двигателя количество выбросов меньше в 200...250 раз.

Таким образом, производственная экологичность восстанавливаемых изделий на один-два порядка лучше по сравнению с новыми, изготовленными из первичных ресурсов. Реновация машин даже с учетом выбраковки деталей наряду с экономией материальных, трудовых и природных ресурсов не только обеспечивает их номинальные технико-экономические показатели, но и многократно снижает загрязнение окружающей среды.

Реализация экологической концепции вторичного производства в значительной степени поможет снизить экологическую напряженность. Оно не требует сколько-нибудь значительных инвестиций, так как практически не отличается от существующего промышленного производства, которое в настоящее время загружено не более чем на 60 % от своей мощности. Это самое чистое производство, которому сегодня нет экологической альтернативы.

Литература.

1. Сайт Федеральная служба государственной статистики // Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
2. О.А. Завальцева, Н.М. Аванесян, Ж.А. Антонова Эколого-геохимическое состояние верхней толщи почв парковых территорий города Ульяновска в условиях возрастающей антропогенной нагрузки // Сибирский экологический журнал. - № 2 – 2014 – с. 329-343
3. Махутов Н.А. Проблемы прочности, ресурса и безопасности машинных систем // Проблемы машиностроения и надежности машин. - № 3 – 2014 – с. 50-68

ДИСПРОПОРЦИИ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА РЫНКЕ ТРУДА МОНОГОРОДА В УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНОГО ПАРТНЕРСТВА

И.В. Добрычева, ассистент, М.А. Лоцилова, ст.преподаватель.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: pr-turandott@mail.ru*

В настоящее время социальное партнерство в профессиональном образовании ориентировано на подготовку специалистов качественно нового уровня: готовых к творческой профессиональной деятельности, способных комплексно сочетать исследовательскую, проектную и предпринимательскую деятельность [1, с.31].

Переориентация деятельности образовательных организаций требует особого внимания к социальному партнерству как механизму удовлетворения требований потребителя образовательных услуг [2].

В настоящее время актуальным является вопрос соотношения спроса и предложения на рынке труда моногорода в условиях социального партнерства.

На данный период России насчитывается 313 монопрофильных населенных пунктов, в которых проживает около 15% населения. Лидером по числу моногородов стала Кемеровская область (24 монопрофильных образования)

В первую категорию – монопрофильные муниципальные образования РФ с наиболее сложным социально-экономическим положением был отнесен город Юрга Кемеровской области в числе других, 75 городов. Базовым системообразующим предприятием на территории города до недавнего времени являлся ООО «Юргинский машиностроительный завод». В структуре отгруженной продукции по городу доля предприятия составлял 52 % в 2010 году. К 2015 году ситуация осложнилась, так как на базовом предприятии прошли массовые сокращения. С другой стороны, в соответствии с критериями отнесенности к моногородам в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 г. N 709, Юрга попадает в этот список, так как:

– градообразующая организация муниципального образования прекратила производственную деятельность и (или) в отношении такой организации возбуждена процедура несостоятельности (банкротства);

– имеется информация о планируемом высвобождении работников градообразующей организации в количестве, превышающем 10 процентов среднесписочной численности работников такой организации;

– конъюнктура рынка и (или) развитие отрасли, в которой осуществляет деятельность градообразующая организация, оцениваются как неблагоприятные [3].

Сегодня работодатель требует не просто подготовленного специалиста, а выпускника, который готов качественно выполнять производственные задачи. При этом работодатель не считает себя полноправным участником образовательного процесса, а позиционирует себя преимущественно потребителем, заказчиком квалифицированных кадров. Однако проблема обеспечения качества профессионального образования имеет чрезвычайно важное социальное и государственное значение.

Авторами данной статьи было проведено исследование о соотношении спроса и предложения на рынке труда моногорода в условиях социального партнерства по направлению «Экономика».

Для этого было проведено исследование банка вакансий по специальностям: бухгалтер и экономист на рынке труда Кемеровской области.

ЕТКС предусмотрены следующие требования к занимаемым должностям:

Бухгалтер I, II категории: высшее профессиональное (экономическое) образование и стаж работы в должности бухгалтера.

Бухгалтер: среднее профессиональное (экономическое) образование без предъявления требований к стажу работы или специальная подготовка по установленной программе и стаж работы по учету и контролю не менее 3 лет.

Специалист: высшее профессиональное образование без предъявления требований к стажу работы.

Экономист I, II категории: высшее профессиональное (экономическое) образование и стаж работы в должности экономиста.

Экономист: высшее профессиональное (экономическое) образование без предъявления требований к стажу работы либо среднее профессиональное (экономическое) образование и стаж работы в должности техника I категории не менее 3 лет или других должностях, замещаемых специалистами со средним профессиональным образованием, не менее 5 лет.

Начальник отдела: высшее профессиональное (экономическое или инженерно-экономическое) образование и стаж работы по специальности не менее 5 лет.

На должность бухгалтера (Главного бухгалтера, ведущего, по закупкам, расчетчик, материалист) требуется в целом по области 43 работника. Из них к 25 вакансиям (58%) требованием является наличие среднего профессионального образования (далее СПО), а к 13 (30%) – высшего профессионального образования (ВПО). 18 вакансий подразумевают умения работать с 1С программой.

К опыту работы требования менее жесткие: 6 вакансий – от 3 лет стаж работы; 11 вакансий – от 1 года работы, 13 вакансий – нет требований к опыту работы.

Наиболее востребованы бухгалтеры в городе Новокузнецке (6 вакансий), Юрге (3 вакансии), Кемерово (4 вакансии).

На рынке собственно города Юрги на сентябрь 2015 года сложилась следующая ситуация: вакансий – 7, нет требований к образованию – 2, СПО – 5 (допускается в 4 случаях), ВПО – 4; опыт работы – 0-3 лет; дополнительное требование – знание ПК и офисных программ

Таким образом, потенциальный работодатель видит бухгалтером своей фирмы работника, имеющего СПО или ВПО образование, владеющего программой 1С-бухгалтерии, обладающего опытом работы от 0-3 лет.

Требуются также и работники на руководящие должности: директор предприятия, коммерческий директор, начальник отдела. Всего зарегистрировано 13 вакансий, из них в 54% (7 вакансий) требования ограничиваются наличием среднего профессионального образования и стажем работы от 1 года. К должности начальника отдела в перечень требований ВПО и опыт работы от 2- 5 лет. Междуреченск, Новокузнецк, Кемерово – города, где заявлены данные вакансии.

В Кемеровской области зарегистрировано 7 вакансий экономиста, требующих ВПО, знание ПК и 1С в Новокузнецке, Прокопьевске, Юрге, Кемерово. В Юрге вакансия всего 1 по состоянию на сентябрь 2015 года [4].

Таким образом, основным выводом может быть мысль о том, что современный работодатель не готов участвовать в становлении выпускника ВУЗа, хотя и заинтересован в его профессиональных качествах и компетенциях.

Учеными выделены устойчивые закономерности, которые влияют на производительные силы сообщества, обусловленные общемировыми тенденциями к большей интеграции мирового сообщества во всех сферах деятельности [5, с. 125 - 137]:

- увеличивающийся рост объема информации, в том числе и профессиональной;
- постоянно увеличивающийся темп смены технологий и оборудования;
- рост значимости наукоемких и информационных технологий по сравнению с трудоемкими технологиями;
- приоритетность и востребованность результатов научных исследований для разработки новых технологий, оборудования;
- возрастание ценности творческой профессиональной деятельности в любой сфере общественной практики.

Таким образом, возможность оперативного изменения состава базовых кафедр, содержания дисциплин в ВУЗах современного типа позволит обеспечить гибкость в выборе направленной подготовки и отражает процесс динамично развивающейся отрасли. Высокое качество подготовки обеспечивается за счет внедрения в учебный процесс результатов научно-технических разработок и повышения квалификации ППС путем участия в совместных учебных и научно-исследовательских работах.

Литература.

1. Innovative strategy of educational space for creative self-development and competitiveness of future specialists Mikhaltsova L.F., Milinis O.A., Danichkina N.A., Loshchilova M.A. Italian Science Review. 2014. № 10. С. 31.
2. Медведева Н.В. Взаимодействие среднего специального учебного заведения и социальных партнеров в обеспечении качества профессиональной подготовки студентов [Текст]: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. / Н. В.Медведева. – Москва, 2011. – 28 с.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 г. N 709 г. Москва "О критериях отнесения муниципальных образований Российской Федерации к монопрофильным (моногородам) и категориях монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) в зависимости от рисков ухудшения их социально-экономического положения"
4. Служба занятости населения Кемеровской области. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ufz-kemerovo.ru/home/ishyraboty/vacansii.aspx>
5. Лощилова М. А., Портнягина Е. В. Региональные аспекты оптимизации управления образовательными учреждениями // В мире научных открытий. - 2012. - № 5. - С. 100-113.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА БАНКРОТСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.В. Телипенко, к.т.н., доцент, Н.Б. Джамансариев, студент

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 777-64
E-mail: KochetkovaEV@mail.ru*

С помощью программы Deductor Academic на основе статистических данных значений производственных предприятий была построена пятифакторная модель с помощью деревьев принятия решений. Модель включает в себя следующие показатели: коэффициент долгосрочного привлечения заемных средств (кдпзс), коэффициент концентрации заемного капитала (кзк), коэффициент текущей ликвидности (ктл), коэффициент быстрой ликвидности (кбл), доля оборотных средств в активах (досва) [1].

Для проведения дальнейших исследований с помощью полученной модели были выбраны 15 сопоставимых по данным бухгалтерской отчетности производственных предприятий из разных регионов нашей страны, для которых была произведена оценка риска банкротства [2].

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты.

В Сибирском и Уральском регионах выявлено больше всего предприятий с высокой степенью риска банкротства (рис. 1). На графике представлен процент предприятий-банкротов от общего числа обследованных в каждом регионе. В Дальневосточном, Южном и Центральном регионах все обследованные предприятия находятся вне зоны риска. В то время как в Уральском регионе 33,3% предприятий в зоне риска банкротства, а в Сибирском – 66,7%.

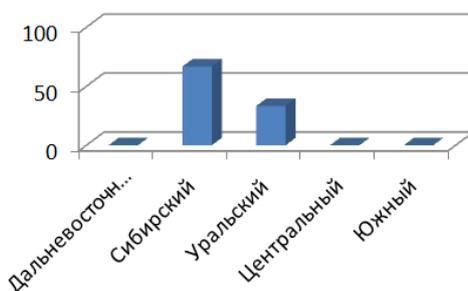


Рис. 1. Процент предприятий-банкротов по регионам

В предыдущих исследованиях вопроса оценки риска банкротства производственных предприятий были выявлены средние значения основных показателей, наиболее критичных для оценки риска банкротства [3,4].

В ходе исследования выяснилось, что наибольшие суммарные отклонения значений показателей от средних наблюдается как раз в Сибирском и Уральском регионах (рис. 2).

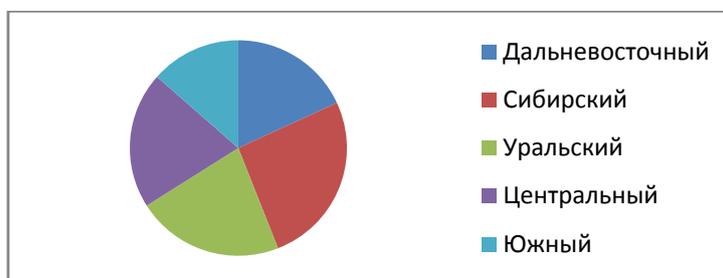


Рис. 2. Процент отклонения значений показателей по регионам

Наибольшее отклонение зафиксировано по коэффициенту долгосрочного привлечения заемных средств и коэффициенту текущей ликвидности (рис. 3).

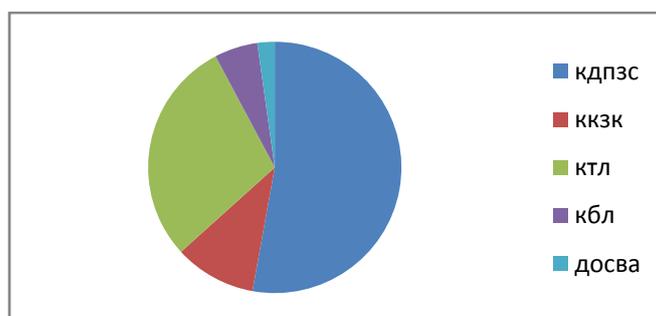


Рис. 3. Процент отклонения значений по показателям

Наибольшие отклонения по значениям коэффициента долгосрочного привлечения заемных средств зафиксировано в Сибирском регионе (рис. 4). Высокое значение этого показателя говорит о высокой зависимости от долгосрочного заемного капитала. Согласно долговой карте России, именно в регионах, находящихся за Уралом больше берут денег в долг, нежели, например, в Южном. Как раз высокая доля зависимости от стороннего капитала и влияет на уровень риска банкротства исследуемых предприятий.

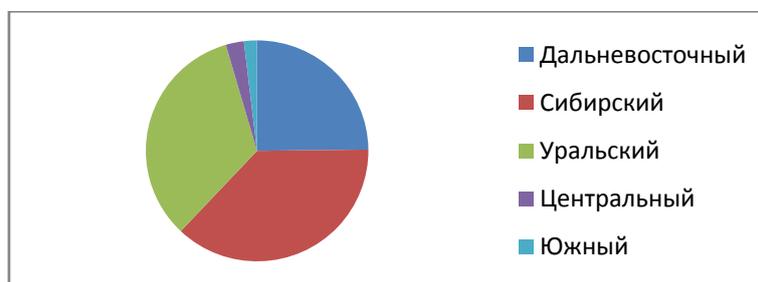


Рис. 4. Отклонения по значениям коэффициента долгосрочного привлечения заемных средств

Наибольшие отклонения в сторону увеличения значений коэффициента концентрации заемного капитала зарегистрированы в Центральном и Южном регионах.

Увеличение значений коэффициента текущей ликвидности по сравнению со средним значением по отрасли наблюдается в Центральном регионе (рис. 5). Слишком высокий коэффициент текущей ликвидности может отражать недостаточно эффективное использование оборотных активов либо краткосрочного финансирования.

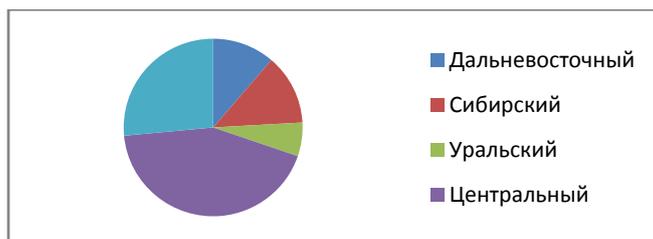


Рис. 5. Отклонения по значениям коэффициента текущей ликвидности

Положительная тенденция по увеличению значений коэффициента быстрой ликвидности зафиксированы в Южном и Центральном регионах (рис. 6). Чем выше коэффициент быстрой ликвидности, тем лучше финансовое положение предприятия. Что и подтверждается данными на рисунке 1.

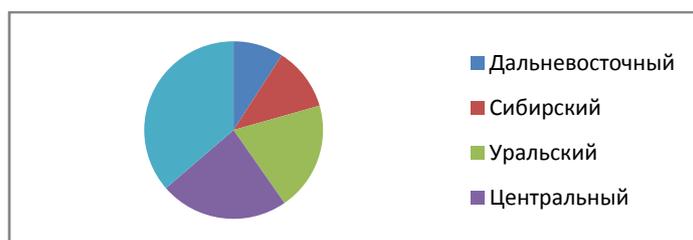


Рис. 6. Отклонения по значениям коэффициента быстрой ликвидности

Высокая доля оборотных средств в активах также зарегистрирована в Центральном и Южном регионах. Такое отношение позволяет свободно маневрировать средствами и обеспечить достаточную гибкость в использовании собственных средств предприятия.

Отклонения по значениям доли оборотных средств в активах по регионам приведены на рисунке 7.

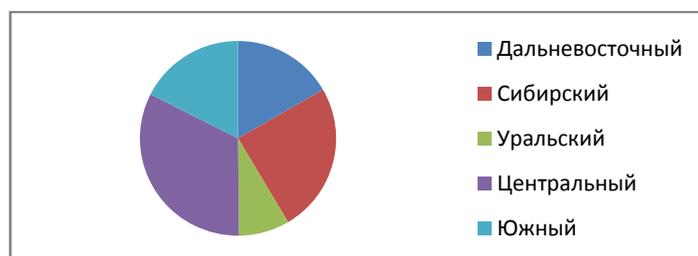


Рис. 7. Отклонения по значениям доли оборотных средств в активах

Заключение

В результате проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о региональной зависимости значений показателей, характеризующих уровень риска банкротства предприятия.

Литература.

1. Джамансариев, Н.Б. Использование метода деревьев для оценки финансового состояния предприятия [Электронный ресурс] / Н. Б. Джамансариев; науч. рук. Е. В. Телипенко // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 19-20 ноября 2015 г., г. Юрга / НИ ТПУ, ЮТИ ТПУ ; под ред. Д. А. Чинахова. — Томск; : Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 78-79].
2. Сайт раскрытия информации // [Электронный ресурс.] URL: <https://www.e-disclosure.ru/poisk-po-kompaniyam> (дата обращения 22.02.2016г.)
3. Telipenko E. V., Zakharova A. A., Sopova S. P. Forecasting risk of bankruptcy for machine-building plants // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 91, Article number 012066. - p. 1-8
4. Телипенко Е.В., Захарова А.А. Проблемы прогнозирования риска банкротства предприятий машиностроительного комплекса // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Юрга, 21-23 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 257-262.

СЕКЦИЯ 4

**Защита окружающей среды,
безопасность и охрана труда
на предприятиях**

**ВНЕДРЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ГОРНОГО МАССИВА ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ООО «ШАХТА «УСКОВСКАЯ»**

О.А. Абдуллина, студентка группы 3-17Г11

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-777-64

E-mail: TwoTSL@mail.ru

Поле шахты «Усковская» Ерунаковского каменноугольного месторождения находится на территории Новокузнецкого района Кемеровской области. Ближайшие крупные промышленные центры – города Прокопьевск и Новокузнецк – находятся в 40 и 60 км.

Шахта «Усковская» в настоящее время ведет отработку запасов пласта 50. Максимальная глубина отработки – 290 м от дневной поверхности. Горнотехнические условия отработки пласта 50 следующие:

- относится к IV (сверхкатегорной) группе по метанообильности (приказ по ОАО ОУК «Южнокузбассуголь» и Южно-Сибирскому управлению Ростехнадзора от 10.01.2012г. №3/23);
- абсолютная газообильность 85,5 м³/мин;
- относительная газообильность 17,7 м³/т среднесуточной добычи;
- отнесен к склонным к самовозгоранию (время инкубационного периода 55 суток);
- опасный по взрывчатости каменноугольной пыли;
- угрожаемый по горным ударам с глубины 175 м;
- угрожаемый по внезапным выбросам с глубины 300 м;
- не является опасным по суфлярным выделениям метана.

В работе рассмотрено предупреждение горных ударов и контроль удароопасности с помощью микросейсмического метода.

Горный удар – хрупкое разрушение предельно напряжённой части пласта породы (угля), прилегающей к горной выработке, возникающее в условиях, когда скорость изменения напряжённого состояния в этой части превышает предельную скорость релаксации напряжений в ней вследствие пластических деформаций.

Процесс подготовки горного удара сопровождается зарождением и образованием трещин различного масштаба. Наиболее эффективным методом их регистрации является сейсмический метод. Он основан на явлении излучения упругих волн при зарождении трещин. Одним из основных достоинств метода является его инвариантность к масштабу образующихся дефектов, поэтому он позволяет получать информацию о трещинах в широком диапазоне размеров от долей миллиметра до километров.

Известный факт, что в зонах ведения горных работ и развития процессов сдвижения наблюдается основная сейсмическая активность.

Параметры сейсмической активности шахтных полей оцениваются путем регистрации сейсмических событий, их координат и энергии, в пределах шахтного поля или отрабатываемого блока, зоны аномальной сейсмической активности. Микросейсмический метод контроля удароопасности является региональным методом контроля и основан на построении карт сейсмической активности, совмещенных с планами горных работ. Сейсмические события отличаются от взрывов характером и формой записи сейсмической волны, в том числе, и знаками первых вступлений продольных волн, а именно по движению среды в направлении на источник или от него. Первый случай соответствует волне разряжения, а второй – сжатия.

В апреле 2015 года в условиях ООО «Шахта «Усковская» была введена в опытно-промышленную эксплуатацию сейсмостанция GITS. Система сейсмического мониторинга GITS (Geo Info Trans Sistem) – геофизическая информационно-передающая система, представляет собой наземный и подземный комплекс сложного в техническом отношении оборудования, которое требует для своего обслуживания наличие квалифицированных специалистов по радиоэлектронике, программному обеспечению, электрическим сетям. Система предназначена для контроля разрушений в массиве горных пород и в пределах шахтного поля. Энергетический диапазон событий зависит от плотности сети датчиков, частотный от 0,1 до 1000 Гц [1].

Выносные модули GITS устанавливаются в удаленных от базовых модулей (10 км) скважинах.

Скважины должны быть ориентированы по сторонам света, бурятся под углом 2-3° для исключения скапливания воды в забое скважины в целик возле выработки на глубину не менее 5 метров. Скважина бурится инструментом с диаметром режущего органа 156 мм, армирование производится посредством монтажа обсадной трубы длиной не менее 5,1 м, бурится на высоте от 0,7 до 1,2

от почвы выработки для обеспечения удобства буровых работ и работ по установке датчиков. Один датчик «прослушивает» пространство вокруг себя диаметром 4 км. Поэтому, исходя из этого параметра, число пробуренных сейсмскважин на шахте принято в количестве 11 штук (рис. 1-2).

Датчики подключаются к выносному блоку телеметрии. По каналам телеметрии сигналы с блока поступают на базовый модуль, размещенный в центре накопления информации. Базовый модуль осуществляет демодуляцию их сигналов и их передачу для оперативного накопления, и экспресс-обработки на ПВЭМ оперативного накопления. Информация, накопленная на ПВЭМ оперативного накопления, передается в центр общего мониторинга и архивации, где осуществляются операции по определению параметров сигналов, выделение сейсмоопасных зон, их визуализация, построение карты сейсмоактивности в изолиниях, а также ведение каталога событий [2].

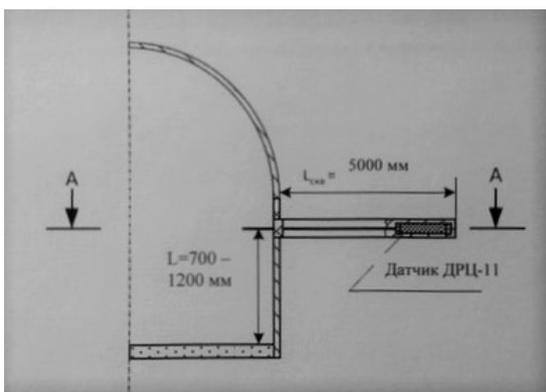


Рис. 1 Схема размещения подземного датчика и выносного модуля в скважине относительно выработки

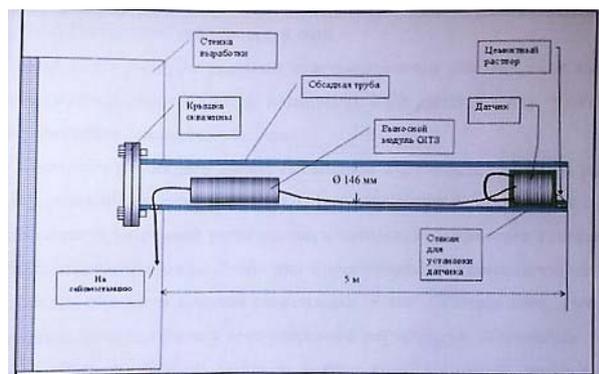


Рис. 2 Схема размещения подземного датчика непосредственно в скважине

Одной из важнейших функций модели является возможность показать места расположения сейсмических событий, зарегистрированных сейсмостанцией и контролировать миграцию полей напряжений в пространстве и времени. На рис. 3 представлен 3-D вид локации сейсмических событий в поле лавы 50-12.

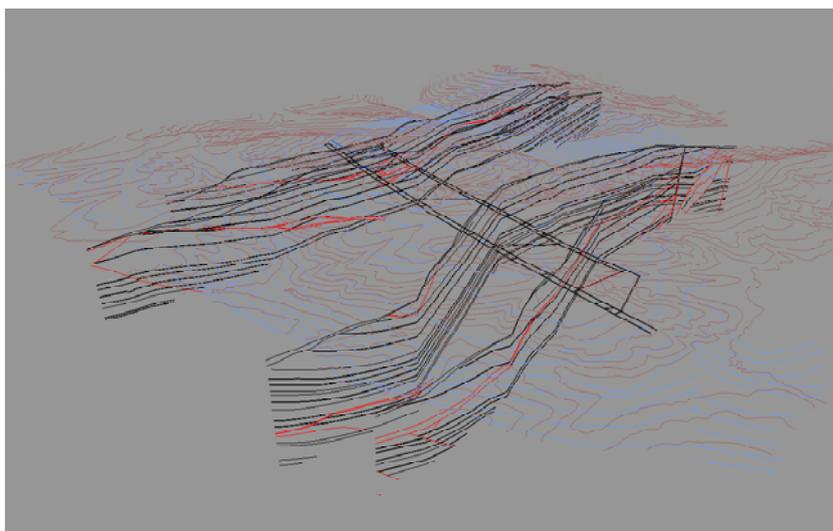


Рис. 3. 3-D модель сейсмических событий лавы 50-12

Выходной документацией, предоставляемой службам шахты, является карта прогноза удароопасности участков шахтного поля, заверенная геофизиком.

За 10 месяцев с момента внедрения, система GITS справилась со всеми возложенными на нее задачами:

- выявление участков повышенного геодинамического риска;
- уточнение природы возникающих аварийных ситуаций;
- оценка и учет влияния сейсмических воздействий землетрясений и др.

Данная система помогла своевременно выявить опасные зоны на участках планируемого развития горных работ, спрогнозировала возможные горные удары, давая возможность предотвратить аварийную ситуацию, контролировала горное давление в недоступных выработках, а также в толще угольного пласта и кровле действующей лавы, подсказывая, когда и где необходимо провести мероприятия по снятию избыточного давления в массиве. В целом, система GITS стала непосредственным помощником и ООО «Шахта «Усковская» рекомендует ее к внедрению и на других предприятиях.

Литература.

1. Система сейсмического мониторинга GITS [Электронный ресурс] / ВНИМИ Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – Режим доступа: <http://www.vnimi.ru/hardGITS.php>. Дата обращения 14.02.2016 г.
2. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Научно-методическое сопровождение внедрения и эксплуатации сейсмического мониторинга горного массива для работы в условиях пласта 50 ООО «Шахта «Усковская», АО «Научно-исследовательский институт горной механики и маркшейдерского дела межотраслевой научный центр ВНИМИ», 2015. – 122 с.

РОЛЬ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОДДЕРЖАНИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Е.С. Коротков, студент группы 17Г51,

научный руководитель: Ефимов Д.А., к.б.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: korotkovsergej@inbox.ru

В организм человека входит множество химических элементов. Группа микроэлементов включает те из них, которые содержатся в организме в очень малых количествах – 10^{-3} - 10^{-12} % [1]. Несмотря на столь небольшое содержание, микроэлементы играют очень важную роль во многих физиологических процессах организма. Недостаток микроэлементов и вызванные этим патологические процессы получили название микроэлементозы.

В современной России микроэлементозы представляют национальную проблему. В целом около 2/3 взрослых и 3/4 детей в России могут быть отнесены в группы риска по гипозлементозам (дефицит от одного до нескольких важнейших макро- и микроэлементов одновременно). Около трети населения в той или иной степени подвержены избыточному накоплению одного или нескольких элементов в организме, чаще всего свинца. Причем в индустриальных районах этот показатель может достигать 90% среди детского и взрослого населения [2].

В настоящей работе рассмотрена биологическая роль нескольких микроэлементов: фтора, йода, селена и цинка.

Фтор (F). Это важнейший микроэлемент, способный накапливаться в минерализующихся тканях, костях и зубах. В цементе зубов фтора накапливается больше всего [1]. В природе фтор встречается в основном в виде неорганических и органических соединений, с металлами образует как растворимые, так и нерастворимые соединения. Суточная потребность человека во фторе составляет 1,5-4 мг [3].

Фтор существенно влияет на состояние зубов. Установлено, что дефицит фтора является одной из причин кариеса [1]. Поэтому профилактика недостатка фтора крайне важна, особенно для детей.

Одним из основных способов фторидной профилактики является гигиена полости рта с использованием фторидсодержащих зубных паст. Этот метод считается самым эффективным и доступным для населения. Такие зубные пасты широко распространены по всему миру и ежедневно используются миллионами людей.

Избыточное поступление фтора в организм приводит к специфическому заболеванию – флюорозу. При этом поражаются преимущественно зубы и скелет. Многочисленными исследованиями установлено, что при флюорозе наблюдается поражение и многих других органов и систем (печени, почек, нервной системы и др.) [3].

Йод (I) это биологический микроэлемент. Йод поступает в организм человека с пищей, водой, воздухом. 90% суточной потребности в йоде обеспечивается за счёт продуктов питания. Йод в орга-

низме накапливается в основном в щитовидной железе. Он входит в состав ее гормонов – тироксина и трийодтиронина [1].

Его дефицит все еще остается серьезной мировой проблемой. При недостаточном поступлении йода в организм развивается заболевание, которое называется эндемический зоб. Это ответная реакция на низкое поступление йода в организм и, следовательно, низкую концентрацию йода, недостаточную для нормальной выработки гормонов. Увеличивается масса ткани щитовидной железы, но при этом концентрация йода в ней снижена.

В Западной Сибири, в том числе и в Кемеровской области, зафиксирован дефицит йода. Например, известна значительная распространенность патологии щитовидной железы среди жителей Тисульского района Кемеровской области. Высокий удельный вес больших диффузных и узловых зобов свидетельствует о наличии в регионе зобной эндемии. При этом к факторам риска развития зоба у населения Тисульского района относят пониженное содержание йода в окружающей среде, условия проживания, а также несбалансированное питание [4].

Для профилактики заболеваний щитовидной железы и лечения эндемического зоба используют препараты, содержащие йод. К ним относятся, например, БАД «Йод-актив», «Йодомарин», калия йодид. Но необходимо помнить, что прием этих препаратов должен быть обоснован врачом. Широко используются в профилактике и продукты, обогащенные йодом, например, йодированная поваренная соль, хлебобулочные изделия.

Селен (Se). Селен в организме взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами, участвует в регуляции обмена веществ, в окислительно-восстановительных процессах. Хотя его роль изучена еще недостаточно, установлено, что селен является составным компонентом множества жизненно важных биологически активных соединений организма.

Недостаток селена и его роль в патологии человека установлена после описания заболевания, выявленного в ряде регионов Китая. Это болезнь Кешана (по названию провинции в Китае), которая характеризуется поражением сердечной мышцы. Возникают аритмии сердца, увеличение его размеров, сердечная недостаточность [1].

На территории России болезнь Кешана отмечена в Восточной Сибири в Забайкалье (Бурятия, Читинская область). Ей подвержены не только люди, но и животные, у которых при недостатке селена развивается беломышечная болезнь.

Дефицит селена снижает иммунитет и работоспособность, приводит к развитию сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, увеличивает риск коронарной болезни сердца на 70%, приводит к преждевременному старению, мужскому бесплодию и родовой слабости у женщин.

Селен поступает в организм человека с продуктами растениеводства, в виде содержащих его аминокислот (селенометионина и селеноцистеина). Достаточный уровень суточного потребления Se составляет 50-200 мкг [5].

Следует отметить, что избыточное поступление селена в организм может приводить к токсическому эффекту. В настоящее время механизм биосинтеза и функция многих соединений селена изучены недостаточно, механизмы регуляции с вариантами селеновой диеты для конкретных категорий лиц и пациентов еще не решены. Ученые указывают, что для получения дополнительных данных требуются дальнейшие исследования [5].

Цинк (Zn). Этот микроэлемент является чрезвычайно важным для многих физиологических процессов. Он необходим для функционирования многих ферментов, участвующих во многих процессах метаболизма (например, карбоангидразы), участвует в формировании антиоксидантного потенциала клеток, необходим для функционирования иммунных клеток лимфоцитов. Цинк необходим для процессов синтеза белков и нуклеиновых кислот (ДНК, РНК) в клетках [1]. Важную роль цинк играет в переработке организмом алкоголя, поэтому недостаток его повышает предрасположенность к алкоголизму, особенно у детей и подростков [6]. Поэтому цинкдефицитные состояния человека представляют собой большую группу заболеваний и нарушений нормальной работы многих систем организма.

Суточная потребность в цинке составляет 8-10 мг, но из пищи усваивается только 20-30%. Наиболее богаты цинком мясо, молочные продукты, морепродукты (устрицы, креветки), орехи, яйца. Следует учитывать, что состав продуктов может значительно влиять на всасывание этого микроэлемента. Так, всасыванию цинка препятствует фитин, содержащийся в большом количестве в продуктах растительного происхождения, который образует в присутствии кальция нерастворимый комплекс с цинком.

Таким образом, как недостаток, так и избыток многих микроэлементов существенно влияет на здоровье человека.

Литература.

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Корчина Т.Я. Биотический обмен веществ и элементный портрет человека // Экология человека. – 2007. – №3 – С. 32-36.
3. Шалина Т.И., Васильева Л.С. Общие вопросы токсического действия фтора // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – №5. – С. 5-9.
4. Квиткова Л.В., Зинчук С.Ф., Затолокина Е.Н. Проблема йодного дефицита у жителей сельского региона // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – №1. – С. 70-72.
5. Свиридова С. П., Кашия Ш. Р., Обухова О. А., Чучуев Е. С. Возможности эссенциального селена в онкологии // Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. – 2012. – Т.23, №3. – С. 6-15.
6. Кожин А.А., Владимирский Б.М. Микроэлементозы в патологии человека экологической этиологии // Экология человека. – 2013. – №9. – С. 56-64.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СИСТЕМ ФАСАДНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ

С.Г. Качаева, ст. лаборант, Е.В. Петров, к.т.н., доц.,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, тел. (3822) 65-51-02

E-mail: petrov1818@rambler.ru

Фасадное остекление – это необходимый элемент современного здания. В последние годы современная архитектура все больше применяет для оформления фасада зданий стекло, так как это современно, долговечно в эксплуатации и имеет безупречный внешний вид. Существует ряд систем для стеклянного фасада, позволяющий принимать смелые современные решения в архитектуре многоэтажных зданий, офисных и торговых центров, частных домов и коттеджей. Для фасадного остекления используются алюминиевые системы, изготовленные из современных материалов, которые имеют привлекательный внешний вид и высокие технические показатели. Фасадное остекление поможет сохранить тепло в здании [1–3], обеспечит хорошую звукоизоляцию, защитит от воздействия неблагоприятных погодных условий.

Структурное остекление одно из наиболее популярных фасадных решений. Метод структурного остекления появился с изобретением силиконовых герметиков, которые дали возможность соединять стекло, металл и камень в единую прочную конструкцию, на основе которой возможно проектирование стеклянных фасадов зданий, соответствующих самым строгим требованиям безопасности, энергосбережения и звукоизоляции [5–7]. Существует несколько основных видов систем фасадного остекления.

Стойечно-ригельная система представляет собой внутренний алюминиевый несущий каркас, выполненный из стоек и ригелей, и внешний прижимной профиль с декоративными накладками различной формы, ширины и цвета. Между каркасом и прижимом, через резиновые уплотнители, зажатое заполнение в виде стеклопакета, стекла или композитных материалов. Снаружи фасада видны лишь, расположенные вертикально и горизонтально, узкие декоративные алюминиевые накладки, шириной 50 мм, которые закрывают крепежные прижимные планки стеклопакетов и гармонично вписываются в общую конструкцию фасадного остекления. Как альтернатива плоской декоративной накладке могут быть использованы круглые или миндалевидные накладки, которые делают внешний вид здания более ярким и интересным. Соединение стоек и ригелей в различных конструкциях может осуществляться по-разному. Несущий каркас стойечно-ригельной системы располагается с внутренней стороны стены. Стойечно-ригельная система является классической системой фасадного остекления, и наиболее распространенный тип фасадных систем, который легко монтируется и имеет невысокую цену.

Полузакрытая стойечно-ригельная система представляет комбинацию традиционной ригельно-стойечной и структурной систем остекления, где стеклопакеты фиксируются комбинированным способом: видимыми снаружи только вертикальными или горизонтальными прижимными планками. Это осуществляется посредством применения различных маскирующих планок, подчеркивающих

одно направление, тем самым придавая зданию дополнительный объем по горизонтали или по вертикали. Причем по линиям в другом направлении, фиксирующие стеклопакет планки заменяют на декоративный уплотнитель, либо пространство между стеклопакетами заделывается силиконовым герметиком, устойчивым к различным погодным факторам.

Структурная система фасадного остекления – это остекление без алюминиевого профиля на наружной части фасада, которое создает необычное впечатление «стеклянной стены». В отличие от традиционного ригельно-стоечного, структурное фасадное остекление дает эффект легкости и цельности строения. Оно позволяет создавать здания без видимых профилей на наружной части фасада, так как крепление стеклопакетов производится только с помощью клея-герметика, за счет которого стекло и металл соединяются в единую прочную конструкцию. При определенном освещении возникает эффект непрерывной стеклянной поверхности. Видны лишь стекло и заполненные герметиком швы шириной до 30 мм, причем цвет швов может совпадать с цветом стеклопакетов. Структурное остекление позволяет избежать ненужной громоздкости благодаря отказу от прижимных планок и декоративных накладок. Подобно полуструктурному остеклению, структурная система требует установки стального опорного каркаса. Для структурного остекления применяют особый стеклопакет: наружное стекло делается длиннее внутреннего, что позволяет приклеивать к опорной раме одновременно два стекла наружное и внутреннее, что, несомненно, делает всю конструкцию более надежной. Еще одно отличие структурного остекления – это использование закаленного стекла. Закалка повышает несущую способность и прочностные характеристики стекла. Силиконовый герметик при структурном остеклении отличается высоким уровнем прочности. Он не разрушается при воздействии прямых солнечных лучей и удерживает наружное стекло в стеклопакете; внутреннее стекло крепится к профилю. Клеевое соединение обычно достигает необходимой прочности через 12...24 часа, после чего производится демонтаж фиксаторов и герметизация швов. Остекление выполняется снизу вверх. Структурное остекление фасада по своим эксплуатационным характеристикам ничем не уступает традиционным технологиям остекления. Использование этой технологии эффективно для сложных решений в области проектирования, изготовления, монтажа и дизайна светопрозрачных конструкций [10–12].

Различается два способа крепления стеклопакетов при помощи силиконового слоя: двухстороннее и четырехстороннее крепление. При использовании двухстороннего крепления, к несущей конструкции крепятся вертикальные и горизонтальные крепежные элементы. В этом случае масса конструкции поддерживается при помощи механических креплений, в то время как подвижная нагрузка распределяется по двум сторонам на структурный силиконовый уплотнитель, а по двум другим сторонам фиксируется механическими креплениями. Четырехстороннее крепление не предусматривает никаких других креплений, кроме силиконового герметика, который используется для склеивания всех четырех сторон. При этом варианте масса конструкции, поддерживается либо при помощи несущего ребра, либо силиконового слоя.

Фасадные системы со структурным остеклением, как правило, являются теплыми. В этих системах плоскость фасада представляет собой единую поверхность стекла без видимых наружных накладных планок. Конструкция фасада со структурным остеклением требует, чтобы скелет здания был должным образом подготовлен под монтаж фасада, так как зазоры между стеклами делаются минимальными. Зазоры предназначены только для того, чтобы компенсировать температурные колебания соседних стеклопакетов или других фасадных элементов, а пространства для восприятия прогиба плит перекрытия, на которые крепится система, не остается, поэтому каркас самого здания должен быть абсолютно жестким, а плиты перекрытия должны иметь минимальный прогиб. В систему структурного остекления могут быть встроены верхнеподвесные окна, открывающиеся наружу, причем таким образом, что при закрытых створках различия на фасаде между открываемыми блоками и неподвижными заметить невозможно.

Специально разработанные силиконовые герметики способны защитить здание от неблагоприятных условий, атмосферных воздействий и огня. Правильно спроектированные и изготовленные системы структурного остекления переносят ветровую нагрузку на несущую конструкцию, что позволяет выдерживать трение, компрессию и температурные деформации. Также силиконовые герметики обладают отличной сопротивляемостью ультрафиолетовому излучению, выдерживает перепады температуры от -60°C до $+150^{\circ}\text{C}$ без каких-либо структурных изменений; их можно использовать при приклеивании не только стекол, но и керамических, металлических, каменных и композитных панелей к каркасу здания.

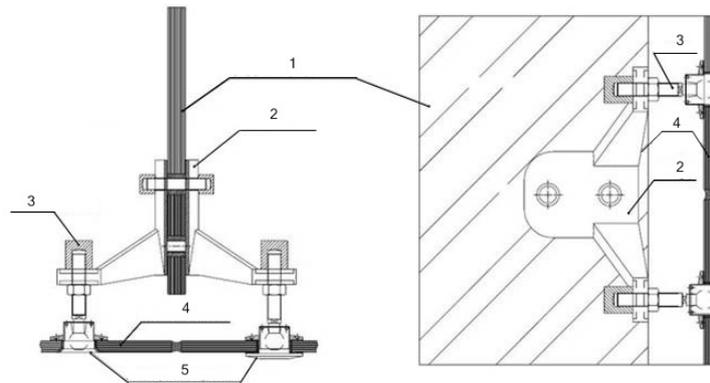


Рис. 1. Спайдерная система: 1 – стеклянное ребро-стойка; 2 – спайдер; 3 – рутель; 4 – стекло закаленное; 5 – варианты крепления

Полуструктурная система остекления представляет собой модифицированную конструкцию, где в качестве несущих элементов используется стандартный набор вертикальных и горизонтальных профилей, но вместо прижимных планок и накладок с лицевой стороны используются штапики, которые удерживают светопрозрачные элементы остекления. Алюминиевые профили полуструктурного остекления обычно используются в качестве несущих элементов для больших ограждающих конструкций при наличии стального опорного каркаса. Стеклопакет окружен рамой, практически незаметной снаружи, что дает эффект визуальной целостности конструкции. В системах такого вида остекления предусмотрена возможность интеграции оконных створок. По своим техническим характеристикам полуструктурное фасадное остекление соответствует уровню и ригельно-стоечной, и структурной систем. Преимуществом же этой технологии является возможность монтажа остекления изнутри. Это расширяет спектр применения полуструктурного фасадного остекления в высотных зданиях.

Спайдерное остекление. Одним из самых выразительных применений стекла в архитектуре является планарное остекление фасадов. Технология планарного остекления появилась относительно недавно и сейчас является одной из самых передовых среди фасадных систем. Заключается она в примыкающих друг к другу светопрозрачных элементах (стекло, стеклопакеты), не разделенных рамами или перегородками, чем и отличается от профильных систем. Наиболее эффективной системой креплений для планарного фасада является крепление на нержавеющей коннекторах – «спайдерах», представляющих собой пространственный кронштейн из высоколегированной стали с отличными декоративными свойствами (рисунок 1). Такое крепление дает возможность реализовывать самые различные фасадные конструкции. Спайдер равномерно воспринимает нагрузку во всех точках крепления. Эластичный точечный зажим компенсирует температурные расширения стекла. К несущей конструкции спайдеры крепятся посредством специальных крепежных элементов через отверстия. Стекло или стеклопакет имеют по углам отверстия со специальной конической фаской. Помимо этого стекла проходят процедуру закаливания. Элемент крепления стекла имеет 1, 2, 3 или 4 шарнирных элемента с зажимными коническими шайбами и тефлоновыми выравнивающими кольцами. Спайдеры планарных конструкций могут крепиться на колоннах, ригелях, на торцах бетонных перекрытий и стен.

Как и остальные виды остекления, фасадное остекление может быть прозрачным, цветным и зеркальным. Основное его достоинство – целостная поверхность, не разделенная решеткой переплетов. Изделия из алюминиевых сплавов не наносят вред окружающей среде и здоровью, они сохраняют свои экологически благоприятные свойства на протяжении всего срока эксплуатации. Остекление фасадов имеет много преимуществ: широкий выбор цветовой гаммы полимерного покрытия; зеркальные и тонированные стекла; высокая технологичность; любые размеры и конфигурация фасадов; низкая теплопроводность элементов остекления, возможность применения элементов остекления с различными характеристиками [11, 14]; устойчивость к ветровым и термическим нагрузкам; высокая прочность при низком удельном весе. Благодаря своему низкому весу алюминиевое фасадное остек-

ление позволяют минимизировать нагрузку на фундамент конструкции. Недостатки: высокая трудоемкость и стоимость изготовления стеклопакетов; высокая цена структурных герметиков; невозможность монтажа при низких температурах; трудности с заменой стеклопакетов.

Во все алюминиевые светопрозрачные фасады могут быть интегрированы окна и двери. Створки в фасадных системах открываются в привычных положениях: поворотном, поворотно-откидном и фрамужном. Фрамуги с электроприводами или дистанционными открываниями очень актуальны для фасадного остекления, поскольку не всегда есть возможность спроектировать створку для проветривания на удобном для открывания расстоянии.

Литература.

1. Зайцев И.А., Григорьев Д.В., Петров Е.В. Теплопередача через светопрозрачные ограждающие конструкции // Перспективы развития науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2014 г.: в 8 частях. Часть IV. – М.: «АР-Консалт», 2015. – С. 22 – 25.
2. Городова М.С., Мурзин Д.В., Петров Е.В. Применение современных светопрозрачных ограждающих конструкций при строительстве зданий // Избранные доклады 61-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых [Электронные текстовые данные]. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2015. – С. 139 – 142.
3. Гныря А.И., Петров Е.В. Численное моделирование процессов теплопередачи через наружные ограждающие конструкции // Труды НГАСУ. – Новосибирск: НГАСУ, 2001. – Т.4, Вып.2(13). – С. 250 – 254.
4. Зайцев И.А., Петров Е.В., Вяслев А.Ш. Теплопередача через светопрозрачные ограждающие конструкции // Перспективы развития фундаментальных наук [Электронный ресурс]: Труды XI Международной конференции студентов и молодых ученых. Россия, Томск, 22–25 апреля 2014 г. / под ред. Е.А. Вайтулевич. – Томск: Изд-во Национального Исследовательского Томского политехнического университета. – 2014. – С. 760 – 762.
5. Галиева К.В., Петров Е.В. Применение энергосберегающих технологий при проектировании зданий // Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 10–13 марта 2015 г.: в 2 ч. Ч. 1 [Текст] / под ред. Т.Ю. Овсянниковой. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2015. – С. 349 – 354.
6. Петров Е.В. Исследование процессов теплопередачи через наружные ограждающие конструкции // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов V Международной научно-практической конференции: в 2-х томах / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Национального Исследовательского Томского политехнического университета, 2014. – Т.2. – С. 227 – 230.
7. Качаева С.Г., Петров Е.В. Исследование влияния местоположения окна в проеме стены на тепловые характеристики ограждающих конструкций // Перспективы развития фундаментальных наук [Электронный ресурс]: Сборник трудов XII Международной конференции студентов и молодых ученых (Томск, 21 – 24 апреля 2015 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Национального Исследовательского Томского политехнического университета. – 2015. – С. 1202 – 1204.
8. Петров Е.В. Влияние различных факторов на тепловые характеристики оконных заполнений: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Томск, 2000. – 22 с.
9. Петров Е.В., Качаева С.Г., Алексеев А.А. Исследование влияния различных факторов на тепловые характеристики светопрозрачных ограждений // Научный вестник. – 2014. – № 1 (1). – С. 99 – 105.
10. Гныря А.И., Низовцев М.И., Петров Е.В., Терехов В.И. Использование обогрева межстекольного пространства для повышения теплотехнических характеристик окон с тройным остеклением // Строительные материалы. – 2000. – № 11. – С. 10 – 12.
11. Низовцев М.И., Терехов В.И., Гныря А.И., Петров Е.В. Влияние обогрева межстекольного пространства на сопротивление теплопередачи стеклопакета // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1999. – № 11. – С. 74 – 79.
12. Петров Е.В., Терехов В.И., Низовцев М.И. Исследование обогрева межстекольного пространства при тройном остеклении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2000. – № 1. – С. 221 – 227.

13. Гныря А.И., Петров Е.В., Низовцев М.И., Терехов В.И. Влияние инфильтрации холодного воздуха на сопротивление теплопередаче стеклопакета // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1999. – № 2 – 3. – С. 102 – 105.
14. Полезная модель 24495 РФ, МКИ Е 06 В 3/66. Оконный блок / А.И. Гныря, Е.В. Петров, В.И. Терехов, М.И. Низовцев (РФ). – 2002101784/20; Заявлено 21.01.2002; Опубл. 10.08.2002; Приоритет 21.01.2002, Бюл. № 22 // Изобретения. Полезные модели. – 2002. – № 22. – С. 647.
15. Качаева С.Г., Петров Е.В. Особенности выбора и применения штукатурных смесей для производства работ при устройстве примыканий оконных конструкций // Перспективные материалы в технике и строительстве: Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием (ПМТС–2015) [Электронные текстовые данные]. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2015. – С. 450 – 453.
16. Зайцев И.А., Степанова Т.А., Петров Е.В. Исследование теплотехнических характеристик светопрозрачных ограждающих конструкций // Избранные доклады 60-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых [Электронные текстовые данные]. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2015. – С. 111 – 115.

ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

И.В. Козлова, студентка IV курса,

научный руководитель: Ушаков А.Г., к.т.н., доцент

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. 8-950-598-6714*

E-mail: irina15151@mail.ru

Введение

В наступивший век высоких темпов всех видов материального производства проблема охраны природы приобрела на нашей планете исключительное значение. Ее решение стало для России одной из важнейших государственных задач. Вносимые человеком изменения в природу приобрели настолько крупные масштабы, что превратились в серьезную угрозу нарушения существующего в природе относительного равновесия.

Органические отходы многих производств и сельского хозяйства (стоки ферм, фекальные массы) обычно попадают в реки, загрязняя источники водоснабжения. При разложении этих отходов образуются вредные вещества, влияющие отрицательно на здоровье человека и состояние окружающей природной среды; поэтому утилизация отходов – одна из кардинальных проблем экологии [1].

При этом, такого рода отходы являются перспективным сырьем для термохимической переработки. Применение метода газификации позволит получить генераторный газ, калорийность которого будет достаточна для автономного снабжения предприятий, при наличии достаточного количества органических отходов.

Однако, кроме применения термического метода переработки отходов, существует и метод анаэробного сбраживания органической биомассы. Это решение позволяет получать биогаз с 60-80 % об. CH_4 в зависимости от вида сырья. После сбраживания остается до 80-90 % об. органической биомассы, которую нами предложено подвергать газификации. Подобная комплексная переработка органических отходов позволит полностью перевести органическую биомассу в газообразное топливо и решить ряд важнейших экологических проблем.

Таким образом, цель проекта – получение альтернативной энергии путем переработки органических веществ в газообразное топливо, включающее стадии получения биогаза и термохимической переработки сброженного остатка. Для достижения данной цели, были поставлены следующие **задачи**:

- изучить физико-химические свойства биогаза;
- выбрать способ интенсификации процесса анаэробной переработки;
- разработать лабораторную установку газификации.

Экспериментальная часть:

Исходя из поставленных задач, **объектом исследования** явились отходы промышленного животноводства и птицеводства.

Экспериментальные исследования состояли из 5 этапов:

1. Анаэробное сбраживание исходного сырья.
2. Термическая обработка сброженного остатка.

3. Газификация термообработанного сброженного остатка.
4. Анализ полученных газов
5. Подбор параметров процесса газификации для получения генераторного газа с необходимыми характеристиками.

Схема лабораторной установки газификации сброженного остатка представлена на рис. 1.

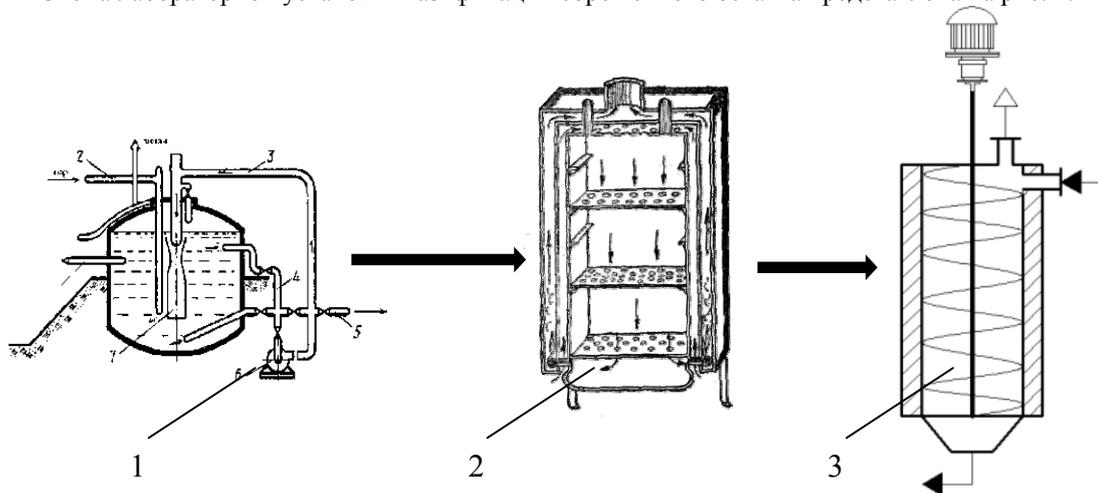


Рис. 1. Схема лабораторной установки по получению газообразного топлива из органических отходов: 1 – метантенк; 2 – сушильный шка печь; 3 – реактор-газификатор

Разработанная конструкция реактора-газификатора червячного типа имеет несколько температурных зон. Ее можно смонтировать на уже работающих биогазовых установках для решения проблемы утилизации и использования больших количеств сброженного остатка.

При анаэробном сбраживании органических веществ установлено, что концентрация метана в биогазе может достигать 85-90 % об. в зависимости от условий сбраживания.

Экспериментальным путем установили, что биогаз содержит:

- 50-87 % CH_4 ;
- 13-50 % CO_2
- примеси H_2S и прочих кислых газов.

Калорийность биогаза – варьируется в широких пределах в зависимости от условия получения и может достигать 6000 ккал (25000 МДж)/ м^3 .

Также установлено, что из 1 кг сухого вещества возможно получение от 300 до 500 литров биогаза, кроме этого установили, что физические свойства биогаза позволяют судить о возможностях его практического использования и необходимых для этого приемах. Теплота сгорания определяется в основном содержанием CH_4 , поскольку незначительные количества H_2 и H_2S на этот показатель практически не влияют. Соответственно температура воспламенения и предел воспламеняемости тоже зависят от содержания CH_4 .

Помимо данных лабораторных исследований, экспериментальным путем было установлено, что самым подходящим методом интенсификации процесса сбраживания является перемешивание, который позволяет свести к минимуму температурную неоднородность и отводить ингибирующие продукты жизнедеятельности бактерий в биореакторе. Так как скорость движения субстрата в биореакторе в результате спонтанного выделения биогаза не превышает 0,3 мм/с, следовательно, вынужденное движение сбраживаемой среды можно считать несущественным. Теплота в сбраживаемом субстрате в основном распространяется теплопроводностью. В результате преобладания данного способа распространения теплоты над остальными в сбраживаемом субстрате возникает температурная неоднородность, которая может достигать до 10 °С. Основное изменение температуры, вблизи поверхности теплоносителя до температуры ядра биореактора происходит в пределах теплового пограничного слоя, который формируется на границе двух сред: теплоносителя и биомассы. И чем меньше имеет значение коэффициент теплоотдачи, тем выше температурная неоднородность в биореакторе [2].

Основной способ для понижения термического сопротивления субстрата, является перемешивание, которое предполагает принудительно приводить жидкую среду в движение. В результате на-

гретые порции сбраживаемого субстрата отводятся от поверхности нагрева, а новые объемы подвергаются нагреванию [3].

Эффективность работы перемешивающих устройств определяется скоростью установления термодинамического равновесия и качеством равномерного распределения градиента температуры по всему объему биореактора.

Также теплоотдача зависит от скорости движения субстрата – скорость подъема биогазовых пузырьков от физико-механических свойств сбраживаемого субстрата: вязкости, плотности, теплоемкости, теплопроводности, а так же от отношения вязкостей среды на поверхности теплоотдачи и в центре биореактора, что учитывает влияние направления теплового потока на коэффициент теплоотдачи [4].

Результаты и обсуждения:

К несомненным плюсам биотоплива полученного средством переработки отходов с помощью энергоэффективной биогазовой линии это его доступность, особенно для сельских жителей, которые могут организовать замкнутый цикл производства на хозяйстве. Газификация сброженного остатка позволяет полностью перевести органические вещества в газообразную фазу путем термодеструкции и получить газообразное топливо.

Биогаз не является легковоспламеняемым или взрывоопасным. Также было выявлено, что процесс перемешивания при анаэробной переработке позволяет снизить ингибирующее действие летучих органических кислот, что в дальнейшем окажет положительное влияние на выход генераторного газа после газификации остатка.

Литература.

1. Нуркеев С.С., Нуркеев А.С., Джамалова Г.А., Кораблев В.В. [и др.] Использование биореакторов для моделирования процессов разложения свалочных масс и определения эмиссий загрязняющих веществ на полигонах твердых коммунальных отходов // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Архитектура и строительство в новом тысячелетии». г. Алматы, 7-8 ноября, 2008 г. Алматы: КазНТУ, 2009, С. 471-474.
2. Панцхава, Е.С. Техническая биоэнергетика // Новое в жизни, науке, технике. Сер. Техника. М.: Знание, 1990, №12. 64 с.
3. Муромцев, Г.С. Сельскохозяйственная биотехнология: Состояние, перспективы развития. – Международный сельскохозяйственный журнал, 1986. №3.-С. 56-61.
4. Анаэробная биологическая обработка сточных вод/ Тезисы докладов участников республиканской научно-технической конференции 15-17 ноября 1988г. / Кишинев, 1988г.

ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПРИ ВОЗМОЖНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОТ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Е.С. Корчева, студентка 4 курса, С.В. Степанова, к.т.н., доцент
Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015 г. Казань ул. Карла Маркса 68, тел. (843) 231-42-16
E-mail: zhenya_korcheva@mail.ru*

К основным факторам антропогенного загрязнения относят: промышленные выбросы, сбросы и отходы, транспорт, сельскохозяйственные химикаты, удобрения и химические мелиоранты [1].

На долю машиностроения приходится незначительная часть общего загрязнения окружающей среды. Значительная часть загрязнений атмосферы подвергается очистке и большая часть выбросов в водоёмы. Однако на машиностроительных предприятиях имеются основные и обеспечивающие технологические процессы производства с весьма высоким уровнем загрязнения окружающей среды. К ним относятся: внутривозовое энергетическое производство и другие процессы, связанные со сжиганием топлива, литейное производство, металлообработка конструкций и отдельных деталей, сварочное производство, гальваническое производство.

По уровню загрязнения окружающей среды районы гальванических и красильных цехов, как машиностроительных в целом, так и оборонных предприятий можно сопоставить с такими крупнейшими источниками экологической опасности, как химическая промышленность, литейное производство с металлургией, территории заводских котельных - с районами ТЭС, которые относятся к числу основных загрязнителей [2].

В качестве поверхностной воды исследована река Казанка, расположенная в городе Казань. В данном городе есть действующие машиностроительные предприятия, которые могут оказывать воз-

действие на водоем. Это может повлиять на качество воды. Оценка качества воды производилась с помощью метода комплексной оценки.

Метод комплексной оценки степени загрязненности позволяет однозначно скалярной величиной оценить загрязненность воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязненности, подготовить аналитическую информацию для представления государственным органам и заинтересованным организациям в удобной, доступной для понимания, научно обоснованной форме [3].

Результаты исследований

Отбор проб из реки Казанка производился в осенний период (отбор 1 – октябрь, отбор 2 – ноябрь 2015 г.). В пробах производилось определение значений pH [4], ХПК [5], растворенного кислорода [5], ионов никеля [6], ионов железа [7], хлорид ионов [8], нефтепродуктов [5].

Результаты исследований представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Результаты исследований р. Казанка за осенний период

Анализируемые показатели	Отбор 1 (октябрь)	Отбор 2 (ноябрь)	Предельно допустимая концентрация, мг/дм ³ [9]
pH	8,18	8,38	6,5- 8,5
ХПК, мг О ₂ /дм ³	183,04	153	30
О ₂ , мг/дм ³	1,92	1,99	не менее 4
Ni ²⁺ , мг/дм ³	1,18	0,9	0,1
Fe общ, мг/дм ³	0,5	1,7	0,3
СГ, мг/дм ³	21,27	25,52	300
Нефтепродукты, мг/дм ³	20	40	0,3

По данным таблицы № 1 произведен расчет показателей комплексной оценки вод реки Казанка. Данный расчет выполнен по методике [3]. Исходя из полученных результатов, можно сказать, что поверхностная вода, на которой проводилось исследование, в течение двух месяцев относится к III классу, что говорит о наличии высокого уровня загрязненности по комплексу ингредиентов и показателей. Наличие загрязняющих веществ могут быть вызваны из-за антропогенного загрязнения поверхностной воды, а одним из антропогенных видов загрязнения является машиностроительное производство. В ходе этих загрязнений происходит нарушение микрофлоры и фауны водного объекта, а также экологии окружающей среды и здоровья человека.

Литература.

1. Дабахов, М.В. Экотоксикология и проблемы нормирования // М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова – Нижний Новгород: ВВАГС, 2005. - 165 с.
2. Краморенко А.А. Влияние машиностроительного производства на окружающую территорию [Электронный ресурс]: курсовая работа / А.А. Краморенко – Электрон. тестовые дан. – Пермь, 2008. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/919948/>.
3. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: РД 52.24.643-2002. – Ростов-на-Дону, 2002. – 20 с.
4. Количественный анализ вод. Методика выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом: ПНД Ф 14.1:2;3;4.121-97. – 7 с.
5. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. М.: Химия, 1984. – 448 с.
6. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом: ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. – Москва, 1996. – 12 с.
7. Методика измерений массовой концентрации никеля в природных и сточных водах фотометрическим методом с диметилглиоксимом: ПНД Ф 14.1:2.46-96. – Москва, 1996. – 10 с.
8. Методика измерений массовой концентрации «активного хлора» в питьевых, поверхностных и сточных водах титриметрическим методом: ПНД Ф 14.1:2:4.113-97.– Москва 1997. – 18 с.
9. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений: СанПиН 4630-88 .– М.: Минздрав СССР. – 70 с.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАШИН ПО ЭКОЛОГО-АКУСТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

¹О.Н. Поболь, д.т.н., проф., ²И.Н. Статников, к.т.н., в.н.с., ²Г.И. Фирсов, с.н.с.

¹Московский государственный университет технологии
и управления им. К.Г. Разумовского, г. Москва

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва
101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4, тел. (495) 624-00-72
E-mail: firsovgi@mail.ru

Повышение производительности современного оборудования связано с увеличением скоростей и мощностей машин, усложнением их конструкций. Широко применяются новые конструктивные принципы, облегчаются элементы конструкций и уменьшается их жесткость, в связи с чем возрастают динамические нагрузки и опасность повышения вибрации и шума. Работы по улучшению акустических (шумовых и вибрационных) характеристик машин ведутся как при разработке новых машин и модернизации действующих, так и при их эксплуатации. В этих условиях шумовые характеристики машины становятся не только показателем совершенства конструкции и качества изготовления, но и критерием технического уровня производства [1]. При акустическом проектировании машин необходимо максимальное удовлетворение требуемых качественных показателей применяемых конструктивно-технологических решений и шумозащитных устройств. В технически развитых странах расходы на осуществление мероприятий по снижению уровней шума оборудования на 10 дБА составляют в среднем 5-8% от их стоимости [2]. Одновременно установлено, что в производствах, требующих от операторов при работе сосредоточенности и внимания, снижение уровней шума на 10 дБА обеспечивает повышение производительности труда до 10% [3]. Таким образом, шумозащита машин не только обоснована экологически [4], но и в большинстве случаев экономически оправдана.

Создание современных малошумных машин неразрывно связано с использованием информационных технологий, предусматривающих применение методов моделирования и различных способов описания систем возбуждения и поглощения акустической энергии. В качестве примера рассмотрим задачу выбора оптимальных параметров виброзащитного покрытия ткацкого станка. В процессе проектирования системы шумопоглощения машин используются понятия функциональной и морфологической структуры системы. Функциональная структура отражает конструктивные взаимодействия элементов возбуждения и передачи акустической энергии внутри системы и ее взаимодействия с внешней средой. В основе морфологической структуры лежат соотношения для потоков акустической энергии.

Акустическая модель механической конструкции машины рассматривается как иерархическая структура, которая состоит из комплекса независимых элементарных излучателей (монополей, диполей и пластин). Для описания акустических процессов используется диффузионно-энергетическая теория потоков акустической энергии, позволяющая рассмотреть механическую структуру как сложную систему взаимосвязанных конструктивных элементов. Условия ее применения, обеспеченные в большинстве машин, таковы: диффузность (т.е. равномерное распределение колебательной энергии по поверхности элементов при достаточно большой плотности собственных частот в рассматриваемых полосах) изгибных колебаний, переносящих основную акустическую энергию в структуре машины; независимость энергии возбуждения колебаний от резонансных свойств структуры как следствие ее энергетической замкнутости; незначительность мощности звукоизлучения по сравнению с диссипативными потерями акустической мощности в механической структуре.

Можно показать, что распределение средней плотности энергии резонансных колебаний в определенном интервале частот по структуре машины описывается в общем виде уравнением Поккельса с переменными коэффициентами:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} (c\alpha \frac{\partial w}{\partial x_i}) + \beta w = W \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где $w(x,y,z)$ - плотность энергии колебаний; $\alpha(x,y,z)$ - коэффициент вибропередачи; $c(x,y,z)$ - скорость переноса колебательной энергии; $\beta(x,y,z)$ - коэффициент диссипации; $w = 0,5m\langle v^2 \rangle$; m - масса единицы объема конструкции; $\langle v^2 \rangle$ - среднеквадратическая колебательная скорость; $W(x,y,z)$ - вибрационная энергия, подводимая к системе.

Учитывая заданные граничные условия первого рода в местах заземления с фундаментом $w|_{r_1} = 0$, граничные условия второго рода на остальных границах $\partial w / \partial x_i|_{r_2} = 0$, эквивалентные требованию минимизации функционала

$$B(w) = \frac{1}{2} \int_V \left(\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{\partial w}{\partial x_i} c \alpha \frac{\partial w}{\partial x_j} - \beta w w - W \right) dV,$$

где V - объем конструкции, и пренебрегая наличием незначительного градиента плотности энергии в пределах отдельных элементов конструкции машины, уравнение (1) можно переписать в конечно-разностной форме в виде системы линейных алгебраических уравнений, правая часть которых является функцией возбуждения, действующего в машине

$$AX = B, \quad (2)$$

где элементы матрицы A и векторов X и B соответственно равны

$$a_{ij} = \begin{cases} -\eta_{ij} & i \neq j, \\ \eta_{ij} & i = j, \end{cases} \quad \eta_{ij} = \eta_j + \sum_{i \neq j} \eta_{ij}, \quad x_j = \omega E_j / E_0, \quad b_j = P_j / E_0, \\ i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, N,$$

где N - число подсистем; E_0 - пороговое значение акустической мощности, равное 10^{-12} Вт; ω - круговая частота колебаний; η_j, η_{ij} - коэффициенты внутренних потерь и потерь в связях соответственно; E_j - полная энергия колебаний; P_j - мощность энергетического потока, введенная в j -ую подсистему от механизмов машины. Для рассмотрения зависимости вибрационных полей от вибродемпфирования система (2) записывалась в форме, предложенной Вестфалем

$$\pi_{in_j} = \frac{S_j}{C_{гп_j}} \frac{\partial q_j}{\partial t} - \delta_j q_j + \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} (q_i - q_j),$$

где S_j - поверхность элементарной конструкции; $C_{гп_j}$ - групповая скорость звука; q_j - поток колебательной энергии в j -той подсистеме; δ_j - коэффициент, характеризующий поглощение колебательной энергии в j -той подсистеме; α_{ij} - коэффициент прохождения колебательной энергии через соединение i -й и j -й подсистем; π_{in_j} - вводимая в систему энергия. Если конструкции i и j не связаны непосредственно друг с другом, то $\alpha_{ij} = 0$. При стационарном возбуждении конструкции $\partial q_j / \partial t = 0$, $\pi_{in_j} \neq 0$.

Таким образом, полная энергия колебаний и поток колебательной энергии в система конструкции пропорциональны мощности энергетического потока, введенного от механизмов станка. Иначе говоря, в качестве конструктивных параметров рассматриваем коэффициенты внутренних потерь η_j и η_{ij} , от величины которых зависит уменьшение (или увеличение) энергии изучения W_j в j -й подсистеме (узле) станка. Величины η_j и η_{ij} могли варьироваться в зависимости как от свойств применяемого вибропоглощающего материала [5], так и от геометрических характеристик покрытия (толщины и площади поверхности покрытия). Поскольку в каждой j -й подсистеме необходимо стремиться к минимизации W_j , то в качестве критерия оценки эффективности демпфирующих свойств покрытия каждой подсистемы станка (в данном случае у станка выделено шесть подсистем), была выбрана функция

$$\Phi_1(\bar{\eta}) = \sum_{j=1}^6 W_j. \quad (3)$$

При расчетах на математической модели получено

$$\Phi_1(\bar{\eta}) = \rho \sum A_j \xi_j^2, \quad (4)$$

где A_j - экспериментально подсчитанные коэффициенты для станка; ξ_j^2 - квадрат амплитуды колебания j -й подсистемы (m^2/c^2); ρ - плотность среды ($г/см^3$). Исходя из экспериментальных данных и литературных источников [6], был выбран диапазон изменений параметров η_j и η_{ij} (область $G_1(\bar{\eta})$)

$$0,01 \leq \eta_j \leq 0,16. \quad (5)$$

Таким образом, с точки зрения критерия $\Phi_1(\bar{\eta})$ задача свелась к следующему: найти $\min \Phi_1(\bar{\eta})$, когда выбрана математическая модель и заданы ограничения (5). При выбранной математической модели и такой постановке задачи ответ тривиален: $\min \Phi_1(\bar{\eta}) = \Phi_1(\eta_j = 0,16) = 0,1318 \cdot 10^{-4} \rho$ (Вт), а $\max \Phi_1(\bar{\eta}) = \Phi_1(\eta_j = 0,01) = 2,7269 \cdot 10^{-4} \rho$ (Вт). Заметим, что в этом случае уровень снижения виброшумов $L_{\max} 10 \lg(\max \Phi_1(\bar{\eta}) / \min \Phi_1(\bar{\eta})) = 13,106$ дБ.

При стремлении к снижению уровня шума, возникающего при работе машины, не менее важной представляется проблема экономичного решения указанной задачи. Иначе говоря, при имеющемся выборе возможных технических решений задачи снижения шума необходимо выбрать наиболее экономичное для его реализации. Как было указано выше, величины η_j и η_{ij} - варьируемые.

В принципе известно: чем меньше значения η_j и η_{ij} , тем меньше расходы вибродемпфирующего материала на один станок. При этом ясно, что за счет различных расходов вибродемпфирующего материала $V_j(\bar{\eta})$ в каждой j -й подсистеме станка можно добиться определенного уровня виброшумов. Поэтому был сформулирован второй критерий выбора параметров вибродемпфирования $\Phi_2(\bar{\eta})$: найти $\min \Phi_2(\bar{\eta}) = \sum V_j(\bar{\eta})$ при ограничениях (5) и удовлетворительных значениях суммарного уровня виброшумов.

Удовлетворительным считался уровень виброшумов $L_{уд} \geq 6,8$ дБ. При расчетах значений $\Phi_2(\bar{\eta})$ была получена формула

$$V_j(\bar{\eta}) = \sum_j \rho_j d_j^* D_j S_j, \quad (6)$$

где $D_j = d_j / d_j^*$ - отношение толщины покрытия к толщине покрываемой стенки станка (в работе принято $d_j = d_j^* = \text{const}$); ρ_j - весовые коэффициенты, учитывающие различную степень трудности процесса покрытия стенок вибродемпфирующим материалом ($\sum_j \rho_j = 1$); S_j - площадь поверхности демпфируемых стенок (м^2). Для данного станка $\rho_1 = \rho_2 = 0,4$ и $\rho_3 = \rho_4 = \rho_5 = \rho_6 = 0,05$. Тогда с учетом значений S_j и формулы (6) значение $\Phi_2(\bar{\eta})$ равно

$$\Phi_2(\bar{\eta}) = (0,26 D_1 + 0,24 D_2 + 0,0233 D_3 + 0,0215 D_4 + 0,014 D_5 + 0,0185 D_6) d^*. \quad (7)$$

Эмпирическая связь между значениями D_j и η_j для вибродемпфирующего материала ВД17-58 показана в [6]:

$$D_j^2 \approx 54,11 \eta_j. \quad (8)$$

На основании формул (7), (8) и ограничений (5) легко подсчитываются $\max \Phi_2(\bar{\eta}) = \Phi_2(\eta_j = 0,16) = 1,6985 d^*$ (м^3), и $\min \Phi_2(\bar{\eta}) = \Phi_2(\eta_j = 0,01) = 0,4246 d^*$ (м^3).

Однако практика проектирования технических устройств показывает, что в большинстве случаев не удастся выбрать техническое решение, оптимальное по каждому критерию качества. Необходимо выбирать решение по какой-либо определенной схеме компромисса [7], выбор которой означает не что иное, как сведение задачи многокритериальной (векторной) оптимизации к скалярной, где в качестве единой скалярной функции цели может выступать либо разумно обоснованная функциональная зависимость между отдельными критериями (свертка), либо система каких-нибудь логических требований, позволяющих также выбрать одно или несколько компромиссных решений.

Поэтому необходимо попытаться сначала отыскать в пространстве оптимизируемых параметров область, где сконцентрировано наибольшее число решений задачи, в максимальной степени удовлетворяющих выбранной схеме компромисса.

Таким образом, задача формулируется следующим образом. Качество вибродемпфирующего покрытия оценивается двумя критериями: функцией $\Phi_1(\bar{\eta})$, характеризующей уровень шумов станка, и функцией $\Phi_2(\bar{\eta})$, определяющей расход виброизолирующего материала. В обеих функциях $\bar{\eta}$ - вектор коэффициентов внутренних потерь η_j ($j = 1, \dots, 6$). Стоит задача минимизации обоих критериев. Однако с самого начала из физического смысла ясно, что оба критерия - $\Phi_1(\bar{\eta})$ и $\Phi_2(\bar{\eta})$ - противоречивы в смысле влияния на них коэффициентов η_j : смещение в сторону больших значений η_j приводит к уменьшению $\Phi_1(\bar{\eta})$ и росту $\Phi_2(\bar{\eta})$ и наоборот. Необходимо отыскать компромиссное решение.

В такой постановке задача решалась на основе выделения в "пространстве параметров η_j областей концентрации наилучших решений по каждому критерию методом ПЛП-поиска [8], являющимся специфической разновидностью эволюционного моделирования благодаря синтезу в нем идеи дискретного квазиравномерного по вероятности зондирования J -мерного пространства варьируемых параметров α_j ($j=1, \dots, J$) и методологии планируемого математического эксперимента. Сочетание таких идей в алгоритме ПЛП-поиска позволяет, с одной стороны, осуществлять глобальный квазиравномерный просмотр заданной области варьируемых параметров, а, с другой стороны, применить многие формальные оценки из математической статистики.

Результаты поиска компромиссного, решения оценивались следующим образом. Были введены безразмерные критерии $\lambda_1(\bar{\eta})$ и $\lambda_2(\bar{\eta})$, полученные по формуле $\lambda(\bar{\eta}) = \frac{\Phi_{\max}(\bar{\eta}) - \Phi(\bar{\eta})}{\Phi_{\max}(\bar{\eta}) - \Phi_{\min}(\bar{\eta})}$, так, что $0 \leq \lambda_1, \lambda_2 \leq 1$. Здесь $\Phi_{\max}(\bar{\eta}), \Phi_{\min}(\bar{\eta})$ - максимальное и минимальное значения критерия в заданном пространстве параметров. Очевидно, что на плоскости нормированных критериев λ_1, λ_2 точке с координатами (1;1) будет соответствовать идеальная модель системы вибропоглощения станка ($\lambda_1^u = 1; \lambda_2^u = 1$). Таким образом, цель решения рассматриваемой задачи сводится к нахождению в области изменения параметров $G_1(\bar{\eta})$ такой подобласти $G(\bar{\eta}) \subseteq G_1(\bar{\eta})$, чтобы параметрам η_j из этой подобласти соответствовало множество решений $\{\lambda_1^i; \lambda_2^i\}$, где $i = 1, \dots, N_1$, у которых разности $(\lambda_1^u - \lambda_1^i)$, $(\lambda_2^u - \lambda_2^i)$ и $|\lambda_1^i - \lambda_2^i|$ одновременно имели бы минимальные значения.

Для удовлетворения поставленной цели введем две вспомогательные оценочные функции: функцию полезности $\Phi_3(\bar{\eta}) = \sum_{k=1}^2 c_k \lambda_k$, где $\sum_k c_k = 1$, и функцию $\Phi_4(\bar{\eta}) = |c_1 \lambda_1 - c_2 \lambda_2| / \sqrt{c_1^2 + c_2^2}$. Значения $\Phi_3(\bar{\eta})$ при соответствующих $\eta_i \in G_2(\bar{\eta}) \subseteq G_1(\bar{\eta})$ будут тем больше, чем больше λ_k . Функция $\Phi_4(\bar{\eta})$ позволяет вычислить расстояние от точки на плоскости λ_1, λ_2 до прямой, определяемой уравнением $\lambda_1 - \lambda_2 = 0$. Значение $\Phi_4(\bar{\eta})$ тем меньше, чем меньше различие в λ_1 и λ_2 . В пределе ($\lambda_1 = \lambda_2$) при неравных значениях весовых коэффициентов c_k $\min \Phi_4(\bar{\eta}) = \lambda_1 |c_1 - c_2| / \sqrt{c_1^2 - c_2^2}$. Если же весовые коэффициенты брать равными, то при $\lambda_1 \rightarrow \lambda_2$ $\min \Phi_4(\bar{\eta}) \rightarrow 0$. Минимизация $\Phi_4(\bar{\eta})$ позволяет выделить в области $G_1(\bar{\eta})$ такую подобласть $G_3(\bar{\eta}) \subseteq G_1(\bar{\eta})$, содержащую множество решений $\{\lambda_1^i; \lambda_2^i\}$, у которых разность $|\lambda_1^i - \lambda_2^i|$ (или $|c_1 \lambda_1^i - c_2 \lambda_2^i|$) стремится к нулю. Теперь ясна и геометрическая интерпретация цели решения задачи (т.е. выбранной схемы компромисса): найти в области $G_1(\bar{\eta})$ такую подобласть $G(\bar{\eta})$, которая являлась бы или пересечением подобластей $G_2(\bar{\eta})$ и $G_3(\bar{\eta})$, или их объединением.

Задача выделения подобластей $G_2(\bar{\eta})$ и $G_3(\bar{\eta})$ решалась путем использования метода ПЛП-поиска [9]. Была просчитана матрица планируемых экспериментов со следующими параметрами: $N = 320$ – общее число экспериментов; $r = 6$ – числа варьируемых параметров (коэффициентов потерь); $M_j = 32$ – число экспериментов в одной серии; $T_i^* = 10$ – число серий экспериментов. При расчетах значения были приняты равными ($c_1 = c_2 = 0,5$). Проведя дисперсионный анализ по каждой из функций $\Phi_3(\bar{\eta})$ и $\Phi_4(\bar{\eta})$, удалось выделить в пространстве варьируемых η_i подобласти $G_2(\bar{\eta})$ и $G_3(\bar{\eta})$ соответственно: $0,0100 \leq \eta_1 \leq 0,0803$; $0,0100 \leq \eta_2 \leq 0,0709$; $0,0100 \leq \eta_3 \leq 0,1600$; $0,0100 \leq \eta_4 \leq 0,1364$; $0,0100 \leq \eta_5 \leq 0,1600$; $0,0429 \leq \eta_6 \leq 0,1600$ и $0,0100 \leq \eta_1 \leq 0,0991$; $0,0100 \leq \eta_2 \leq 0,0897$; $0,0100 \leq \eta_3 \leq 0,1600$; $0,0100 \leq \eta_4 \leq 0,1086$; $0,0100 \leq \eta_5 \leq 0,1600$; $0,0100 \leq \eta_6 \leq 0,1600$.

Из анализа двух выделенных подобластей видно, что цель задачи можно удовлетворить в подобласти $G(\bar{\eta}) = G_2(\bar{\eta}) \cap G_3(\bar{\eta})$ со следующими границами варьируемых параметров: $0,0100 \leq \eta_1 \leq 0,0803$; $0,0100 \leq \eta_2 \leq 0,0709$; $0,0100 \leq \eta_3 \leq 0,1600$; $0,0100 \leq \eta_4 \leq 0,1086$; $0,0100 \leq \eta_5 \leq 0,1600$; $0,100 \leq \eta_6 \leq 0,1600$ Действительно, в подобласти $G(\bar{\eta})$ было просчитано методом ЛП-поиска [10] 512 вариантов покрытий станка и найдено 11 моделей, у которых одновременно $\lambda_1 \geq 0,8$ и $\lambda_2 \geq 0,8$. В то же время были проанализировано 100 вариантов, у которых одновременно $\lambda_1 \geq 0,7$ и $\lambda_2 \geq 0,7$.

Оказалось, что область граничных значений η_i для вариантов с $\lambda_1 \geq 0,8$ и $\lambda_2 \geq 0,8$ целиком содержится в области граничных значений η_i для вариантов с $\lambda_1 \geq 0,7$ и $\lambda_2 \geq 0,7$. Поэтому в этой области (λ_1 и $\lambda_2 \geq 0,8$): $0,0100 \leq \eta_1 \leq 0,0550$; $0,0100 \leq \eta_2 \leq 0,0580$; $0,0100 \leq \eta_3 \leq 0,1510$; $0,0100 \leq \eta_4 \leq 0,1030$;

$0,0160 \leq \eta_5 \leq 0,1560$; $0,0240 \leq \eta_6 \leq 0,1290$ было просчитано еще 192 варианта. В исходной области $G_1(\bar{\eta})$ было также просчитано ЛП-поиском 1024 варианта покрытия станка.

Некоторые сравнительные результаты приведены в табл. 1, где на пересечении строки и столбца стоит число вариантов покрытия из 1024, у которых значения λ_k одновременно больше некоторой заданной величины. В табл. 2 приведены некоторые варианты покрытия с числовыми характеристиками, у которых одновременно $\lambda_1 \geq 0,8$ и $\lambda_2 \geq 0,8$.

Таблица 1

Область поиска	$\lambda_1 \geq 0,5$	$\lambda_1 \geq 0,6$	$\lambda_1 \geq 0,7$	$\lambda_1 \geq 0,8$
	$\lambda_2 \geq 0,5$	$\lambda_2 \geq 0,6$	$\lambda_2 \geq 0,7$	$\lambda_2 \geq 0,8$
ЛП-поиск в $G_1(\bar{\eta})$ ($N=1024$)	252	104	37	2
ПЛП-поиск в $G_1(\bar{\eta})$ + ЛП-поиск в $G(\bar{\eta})$ ($N=1024$)	719	478	209	31

Таблица 2

Нормированный критерий		$L_{уд}$, дБ	Коэффициент демпфирования					
			η_1	η_2	η_3	η_4	η_5	η_6
λ_1	λ_2							
0,840	0,830	6,980	0,0170	0,0175	0,0925	0,0894	0,1344	0,0781
0,853	0,835	7,261	0,0121	0,0227	0,1034	0,0648	0,1147	0,1093
0,817	0,875	6,972	0,0118	0,0164	0,1482	0,0437	0,0872	0,0875
0,837	0,855	7,357	0,0153	0,0156	0,1111	0,0713	0,0850	0,0937
0,835	0,837	7,316	0,0105	0,0241	0,1280	0,0085	0,0811	0,0797

Результаты табл. 1 и 2 со всей наглядностью свидетельствуют о преимуществах предварительного выделения в пространстве оптимизируемых параметров подобласти, содержащей наилучшие решения многокритериальной задачи в соответствии с выбранной схемой компромисса. Именно в этой подобласти следует вести дальнейший поиск удовлетворительных решений. Более того, можно утверждать с-вероятностью, не меньшей 0,95, что выделенная область является областью Парето [7, 10] (или почти достоверно содержит ее), поскольку не удалось найти ни одного варианта, у которого бы достижение значения $\lambda_1 \geq 0,8$ не сопровождалось одновременно уменьшением значения λ_2 (и наоборот).

Литература/

1. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Экология и техносфера: проблемы и перспективы. I. // Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 6. - С.74-75.
2. Техническая акустика транспортных машин: Справочник / Под ред. Н. И. Иванова. - СПб : Политехника, 1992. - 365 с.
3. Мякшин В.Н., Чудакова Е.И. Борьба с шумом на предприятиях легкой промышленности - Киев: Техніка, 1982. – 200 с.
4. Виноградова Е.Е. Акустическая экология производств текстильной и легкой промышленности. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т технологии и дизайна, 1998. – 76 с.
5. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция. - Л : Судостроение, 1986. - 368с.
6. Коритынский Я.И., Корнев И.В., Лагунов Л.Ф. и др. Вибрация и шум в текстильной и легкой промышленности (измерения характеристик и методы борьбы). – М.: Легкая индустрия, 1974. – 328 с.
7. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский А.А. и др.: Теория выбора и принятия решений. - М.: Наука, 1982. - 328 с.
8. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Использование ПЛП-поиска в задачах обработки результатов вычислительного эксперимента // Инновационные технологии и экономика в машиностроении. VI Международная научно-практическая конференция. (Юрга, 21-23 мая 2015 г.). Сборник трудов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 247-252.
9. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Интеллектуальная обработка результатов вычислительного эксперимента в задачах исследования и моделирования колебательных систем машин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2013. - № 2(4). - С.5-9.
10. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задаче со многими критериями. - М.: Наука, 1981. - 110 с.

АНАЛИЗ РЫНКА УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

*Н.С. Абраменко, магистрант, С.В. Романенко, д.х.н., зав.каф. ЭБЖ
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. 8-923-527-6528, 8-913-858-3207
E-mail: nikita_abramenko@list.ru, svr@tpu.ru*

Для подготовки высококлассных специалистов применяют не только лекционные занятия, но и выполнение определенных экспериментов в лабораториях, позволяющие смоделировать определенные воздействия в производственной среде. Работа в лабораториях позволяет будущему специалисту получить практические навыки, необходимые для своей будущей профессиональной деятельности.

Для получения таких навыков разрабатывают и внедряют учебно-лабораторные комплексы (далее по тексту УЛК). Каждый УЛК имеет стандартную комплектацию и, как правило, состоит из:

- Учебно-методическое пособие;
- Экспериментальный стенд;
- Контрольно-измерительная аппаратура.

В ходе работы каждый из компонентов был детально изучен для выявления несовершенств и разработки предложений по их устранению.

Целью данной работы является анализ рынка учебно-лабораторного оборудования.

Задачи работы:

- Поиск производителей и учебно-лабораторного оборудования по исследованию производственного шума;
- Выявление недостатков рассмотренных стендов;
- Анализ общей ситуации на рынке учебно-лабораторного оборудования по рассматриваемой тематике.

Актуальность данной работы обуславливается требованиями федеральных государственных образовательных стандартов к результатам освоения образовательной программы по основам инженерно-производственной подготовки [1], такими как:

- Приобретение учащимися опыта проведения лабораторного анализа образцов металлов и их сплавов;
- Владение основными методами научного познания: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умение обрабатывать, объяснять результаты проведенных опытов и делать выводы; готовность и способность применять методы познания при решении практических задач;
- Владение методами самостоятельного планирования и проведения с соблюдением правил безопасной работы с горячими материалами и лабораторным оборудованием; владение навыками описания, анализа и оценки достоверности полученного результата задач.

Существующий спрос в области применения технических средств для подготовки специалистов рождает предложение. Имеющийся рынок учебно-лабораторного оборудования предоставляет следующие УЛК:

- 1) Первая медицинская помощь;
- 2) Исследование микроклимата производственных помещений;
- 3) Исследование качества производственного освещения;
- 4) Исследование параметров вибрации;
- 5) Исследование производственного шума;
- 6) Электробезопасность;
- 7) Защита от теплового воздействия;
- 8) Защита от УФ-излучения;
- 9) Изучение энергетических полей рабочей зоны;
- 10) Пожарная безопасность;
- 11) Прочие УЛК.

Рассмотрим предлагаемые УЛК в данный момент существования рынка учебно-лабораторного оборудования в России по исследованию производственного шума.

Первым рассматриваемым комплексом является **НТЦ-17.55.5 "Безопасность жизнедеятельности. Звукоизоляция и звукопоглощение"** от российского поставщика ООО «Наука плюс». Стоимость комплекса 673 454,27 рублей [2].

Комплектация:

1. испытательная камера;

2. комплект сменных звукоизолирующих перегородок;
3. два комплекта сменной облицовки испытательной камеры;
4. измеритель шума (измерительный микрофон);
5. акустический излучатель со встроенным усилителем;
6. аудиоинтерфейс;
7. комплект соединительных проводов и креплений;
8. паспорт;
9. ноутбук;
10. диск CD-R с документацией.



Рис. 1. Общий вид лабораторного стенда НТЦ-17.55.5

Стенд позволяет экспериментально исследовать звукоизолирующие и звукопоглощающие свойства различных материалов, средства измерения уровня шума и снижения интенсивности его воздействия.

Конструктивно стенд состоит из испытательной камеры напольного исполнения, внутри которой установлен акустический излучатель (излучатель шума) со встроенным усилителем мощности 2х20 Вт, и шумоизмерительное устройство (измерительный микрофон). Измерительный микрофон подключается к компьютеру через аудиоинтерфейс.

Камера внутри оборудована приспособлениями для установки акустических перегородок, разделяющих пространство камеры на две части, и имеет сменную внутреннюю облицовку. Стенки камеры отделаны звукоизоляционным материалом со всех сторон. Установленное оборудование

позволяют производить замеры уровня шума в помещении. К лабораторному стенду прилагается программное и методическое обеспечение: комплект методической и технической документации, предназначенный для преподавательского состава.

Вторым лабораторным стендом является «Исследование способов защиты от производственного шума» БЖД – 16 от фирмы «Новый стиль» [3]. Стоимость комплекса пока что не известна, нужно уточнить у менеджеров компании.

Стенд предназначен для изучения коллективных и индивидуальных способов защиты от производственных шумов. Позволяет экспериментально исследовать звукоизолирующие и звукопоглощающие свойства различных материалов и индивидуальных средств защиты от шума.



Рис. 2. Общий вид УЛК БЖД – 16

Состав лабораторного стенда:

1. испытательная камера – модель производственного помещения с изоляцией от внешних акустических шумов;
 - акустический излучатель (излучатель шума), размещенный внутри измерительной камеры с максимальным звуковым давлением 90 dB;
 - усилитель мощности для усиления сигнала с максимальной выходной мощностью 15 Вт на нагрузке 4 Ом;
 - микрофон измерительный;
 - микрофонный балансный предусилитель;
 - ПЭВМ - в качестве источника сигналов и измерителя шума.
2. Два комплекта звукопоглощающей облицовки испытательной камеры
3. Две сменные звукоизолирующие перегородки
4. Противошумовые наушник и вкладыш, устанавливаемые на микрофон
5. Бокс для хранения сменных обшивок и перегородок
6. Программное обеспечение для воспроизведения сгенерированных (тестовых синусоидальных сигналов звукового диапазона) или записанных (нестандартных) звуковых сигналов и проведения измерений звукового давления в диапазоне от 63 Гц до 18 кГц.
7. CD-диск с записями реальных производственных шумов (от компрессора, болгарки, перфоратора, заточного круга).
8. Руководство по эксплуатации стенда и методические рекомендации по проведению лабораторных работ.

Третий УЛК, от компании ООО "Учебная техника", называется «Исследование средств звукоизоляции и звукопоглощения» БЖ-2 [4]. В официальном описании стенда сказано, что стенд предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности» в высших учебных заведениях, и может быть использован в учебных заведениях среднего профессионального образования и кабинетах охраны труда промышленных предприятий. Помимо, вышеописанных функций, стенд обеспечивает возможность изучать вредное воздействие шума, гигиенические характеристики звука, методы и средства звукоизоляции и звукопоглощения, однако, по внешнему виду используемых приборов, можно судить о том, что данное явление – не больше, чем маркетинговый ход. По описанию применяемых приборов и общего функционала, УЛК не выделяется среди остальных предлагаемых аналогов. Стоимость комплекса пока не выявлена.



Рис. 3. Общий вид УЛК «Исследование средств звукоизоляции и звукопоглощения» БЖ-2

Четвертым и принципиально отличающимся от рассмотренных ранее комплексов, является «Акустическая эмиссия» [5]. Данная установка предназначена для определения уровней шума работающего оборудования и звукоизолирующей способности ограждающих конструкций (плит) в задаваемых диапазонах частот.

Состав данной установки:

1. поршневой компрессор;

2. мембранный компрессор;
3. звукоизолированная труба с аэродинамическим излучателем шума;
4. набор образцов испытываемых материалов;
5. шумомер;
6. программное обеспечение на CD-носителе;
7. крепежная рама.

Лабораторная установка представляет собой стенд, на котором закреплены 2 компрессора – поршневой и мембранный, между ними на панели находится акустическая труба с закрепленным в ней шумомером. Общий вид установки представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Общий лабораторной установки

Методика выполнения работы предполагает выполнение двух серий экспериментов по измерению уровней шума и последующему сравнению интенсивности и спектров шумов компрессоров и экспериментальному определению эффективности применения звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов.

Данная установка предполагает подключение к персональному компьютеру и снабжается специальной программой.

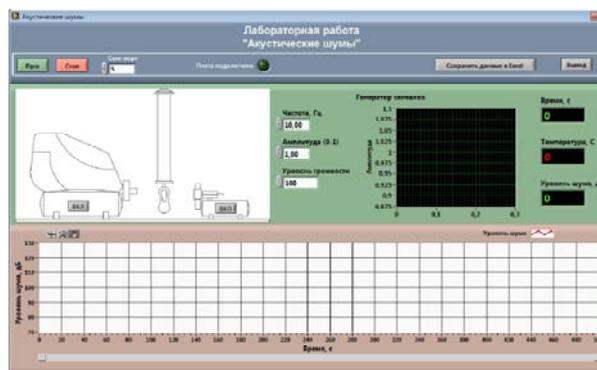


Рис. 5. Интерфейс компьютерной программы

А теперь перейдем к анализу стенда, имеющегося в распоряжении лаборатории ТПУ, в которой располагается лабораторное оборудование по исследованию вредных и опасных факторов рабочей среды.

Имеется лабораторный стенд «Звукоизоляция и звукопоглощение – БЖ 2м». Таких стендов два. Один из них комплектуется шумомером, другой - универсальным прибором по измерению шума и вибрации ВШВ-003 [6].



Рис. 6. Общий вид стенда «Звукоизоляция и звукопоглощение – БЖ 2м»

По функциональному назначению и комплектации совпадает со стендом **«Исследование средств звукоизоляции и звукопоглощения» БЖ-2**. А это значит, что есть возможность посмотреть своими глазами, что предлагают производители на текущий момент.

Установка для оценки шумового воздействия состоит из макета производства, с источником шума, генератора шума и универсального прибора по измерению шума и вибрации ВШВ-003.

При анализе самого стенда заметно множество недостатков в конструкции стенда: большое количество зазоров между деталями и износ разъемов. При выполнении работы, выставив частоту генератора около 63 Гц длина волны четко укладывается в разделенные полости внутри стенда, в результате чего возникает резонанс и эффективность перегородки становится отрицательной.

Также, прибор ВШВ-003 для определения шума имеет сложную конструкцию и труден в эксплуатации. Его необходимо заменить на более современный прибор – шумомер, с которым проще и быстрее работать.

В заключении хочется сказать, что данное оборудование дает результаты с большой погрешностью, а результаты экспериментов не отличаются воспроизводимостью.

Выводы:

Проведенное исследование образцов лабораторного оборудования по исследованию производственного шума в рамках дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Охрана труда» показало, что на данный момент рынок учебно-лабораторного оборудования наполнен продуктам не удовлетворяющие требованиям основным образовательным стандартам. Методические указания перенасыщены теоретическим материалом, не несущим ценность в качестве инструмента получения навыков и практических умений [7, 8].

В связи с вышеизложенным была начата работа, направленная на создание одного из стендов, в рамках проекта кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности по разработке учебно-лабораторного комплекса "БЖД".

Применение данного стенда в учебном процессе высшего учебного заведения создаст новую среду, в которой студентам будет возможно:

1. Получение знаний о таком вредном производственном факторе, как шум. Изучение его природы, причина возникновения, особенностей, свойств и влияние на организм человека, а также способы защиты от него;
2. Формирование понимания у обучаемых необходимости применения индивидуальных и коллективных средств защиты органов слуха;
3. Получение навыков использования различных методов защиты от производственного шума, умение идентифицировать вредный фактор среды, анализировать уровень угрозы для здоровья;
4. Формирование понимания вредного влиянию шума на организм человека, а также опасность процесса прослушивания музыки через наушники на небезопасном уровне громкости.

Литература.

1. Основная образовательная программа высшего профессионального образования, направление 20.03.01 «Техносферная безопасность». С.В. Романенко, Е.В. Ларионова. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/ebg/napr_spec/Tab/OOP_200301b_2014.pdf, дата доступа: 19.02.16;
2. Электронный сайт компании ООО «Наука плюс» Лабораторное оборудование / [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.naukaplus.com/catalog/the_labware/bezopasnost_giznedeyatelnosti/ntts_17_55_5__bezopasnost_giznedeyatelnosti_zvukoizolyatsiya_i_zvukopogloshchenie_/ Дата доступа: 10.09.15;
3. Электронный сайт компании «Новый стиль», Лабораторные стенда БЖД / [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://newstyle-y.ru/high-school/bzhd/laboratornye-stendy-bzhd/item_7343/. Дата доступа: 12.09.15;
4. Электронный сайт компании «Учебное оборудование», каталог оборудования, безопасность жизнедеятельности / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lab-tehnika.ru/fiz/laboratornyj-stend-issledovanie-sredstv-zvukoizolyacii-i-zvukopogloshheniya-bzh-2/>, Дата доступа 13.09.15;
5. Электронный сайт Уральского Федерального Университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина // Измерение уровней шума производственного оборудования / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://media.ls.ufu.ru/461/1182/2486/2522/> Дата доступа 04.03.16
6. Инструкция пользования измерителем шума ВШВ-003-М2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: portal.tpu.ru>SHARED/p/PETAKULOV/Tab1/LAB_BGD.pdf. Дата доступа 04.09.15
7. Исследование шумов в производственных помещениях. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу “Безопасность жизнедеятельности” для студентов всех специальностей. - Томск: Изд. ТПУ, 2009 – 21 с
8. «Лабораторный практикум жизнедеятельности». Для студентов всех специальностей: учебное пособие. Ю.А. Амелькович, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМООБРАБОТАННЫХ ОБОЛОЧЕК ПЛОДОВ ПШЕНИЦЫ
ДЛЯ ОЧИСТКИ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ ВОД**

А.А. Назаренко, к.т.н, доц., С.В. Степанова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

420029, г. Казань ул. Журналистов д.5 кв 71, тел. 8-9874076357

E-mail: alesia1509@mail.ru

В современном мире вклад науки, инноваций и новых технологий является решающим фактором социального и экономического развития. С их помощью постоянно увеличиваются объемы производства продуктов, товаров и услуг и их разнообразие. При этом используется огромное количество первичных ресурсов и энергии, растет отрицательное воздействие современного производства и потребления на окружающую среду, повышаются затраты на утилизацию завершивших свой жизненный цикл производств, продуктов и товаров. Технологии новых поколений ориентированы на наращивание их прогрессивных преимуществ и удержание в заданных границах влияния отрицательных факторов социально-экономического развития [1].

Ни в одной отрасли промышленности внедрение прогрессивных технологий и новой техники не дает столь быстрых и весомых результатов, как в машиностроении [2]. Машиностроение тесно связано с такой отраслью промышленности, как металлургия, основанной на внедрении в производство металлов и их сплавов [3]. Среди них наиболее негативное воздействие на окружающую среду оказывают тяжелые металлы, такие как ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, кобальт, никель, цинк, способные вызывать в биосфере или ее составляющих (воздухе, воде, почвах, живых организмах) увеличение содержания металлов-загрязнителей по сравнению с естественным, так называемым фоновым уровнем [4]. При недостаточной очистке сточных вод ионы тяжелых металлов, попадая в водоемы и подземные горизонты, отрицательно влияют на обитающие в них организмы и растения, накапливаются в них [5]. К примеру, ионы никеля, попадая в окружающую среду, существенно влияют на численность, видовой состав и жизнедеятельность почвенной микробиоты. Они ингибируют процес-

сы минерализации и синтеза различных веществ в почве, подавляют дыхание почвенных микроорганизмов, способствуют появлению мутагенных свойств [6].

Наиболее простыми, менее дорогостоящими, доступными и эффективными методами очистки вод от ионов никеля являются сорбционные методы [7]. При этом традиционные виды сорбентов (активированные угли, цеолиты) часто заменяются на материалы, полученные из второсортного сырья, в частности, отходов производства. Так, все большее применение находят отходы агропромышленного комплекса – солома злаковых культур, оболочки плодов пшеницы, овса, ячменя, гречихи, риса, лузга подсолнечника, свекловичный жом, скорлупа арахиса и другие [8].

Целью работы является выявление рациональности применения отходов агропромышленного комплекса, а именно термообработанных оболочек плодов пшеницы для очистки вод от ионов никеля (II).

Объекты исследования:

- 1) оболочки плодов пшеницы (ОПП);
- 2) термообработанные оболочки плодов пшеницы (ТОПП);
- 3) модельные воды (МВ) – растворы солей $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с исходной концентрацией ионов Ni^{2+} 50 мг/дм^3 .

Для очистки МВ от ионов никеля использовались образцы ТОПП, термическая обработка которых проводилась при температуре $150\text{-}160^\circ\text{C}$ в течение 15 мин.

В 5 мерных цилиндрах приливалось 200 см^3 раствора, содержащего ионы Ni^{2+} концентрацией 50 мг/дм^3 , добавлялся 1 г образца. Содержимое перемешивалось в аппарате PSU-20i в течение 5; 30; 60; 90; 120 минут. Содержание Ni^{2+} измерялось с помощью фотометрического метода определения ионов никеля в соответствии с «Руководством по эксплуатации и методикой проверки» КТЖГ.201111 РЭ [9]. Параллельно проводился эксперимент с активированным углем и необработанными оболочками плодов пшеницы.

В результате проведенных экспериментов построили изотермы сорбции ионов Ni^{2+} активированным углем, образцами ТОПП и ОПП (рис. 1).

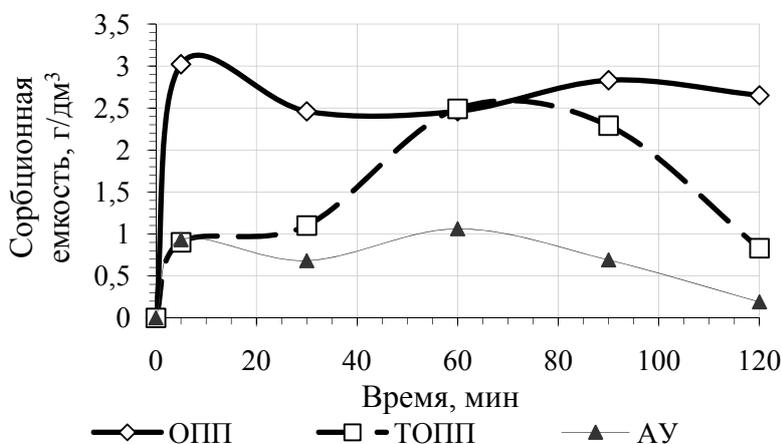


Рис. 1. Изотерма сорбции ионов Ni^{2+} в зависимости от времени

Как видно из рисунка 1, сорбционное равновесие для АУ и ТОПП достигалось через 60 минут, а для ОПП через 10 минут. Изотерма сорбции для активированного угля принадлежит к I типу, согласно классификации Брунауэра, Эммета и Теллера, что говорит о наличии микропор, а для образцов ТОПП – к IVб типу – это переходно-пористый сорбент. Наибольшая сорбционная способность по отношению к ионам Ni^{2+} наблюдается для ТОПП, составляющая $2,49 \text{ г/дм}^3$.

Следовательно, можно рекомендовать данный отход агропромышленного комплекса для доочистки вод, содержащих ионы никеля (II).

Литература.

1. Комков, Н. И. Роль инноваций и технологий в развитии экономики и общества / Журнал Проблемы прогнозирования, № 3. – Москва, 2003. – С. 43.
2. Борисов, В.Н. Инновационное развитие машиностроения / В. Н. Борисов, О. В. Почукаева // Журнал Проблемы прогнозирования, № 1. – Москва, 2013. – С. 51.

3. Машиностроение мира [электронный ресурс]. Режим доступа: http://allreferat.org.ua/referat/47582/referat_from_site_allreferat.org.ua_rtf (дата обращения: 26.02.16)
4. Будников, Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Соросовский образовательный журнал, №5. – Москва, 1998. – С. 29.
5. Долина, Л. Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов / Монография. – Дн-вск.: Континент, 2008. – С. 254.
6. Назаренко, А. А. Очистка модельных вод от ионов никеля термически обработанной шелухой пшеницы / Сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, 22-24 апреля 2015 г. // Национальный исследовательский Томский политехнический ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 311.
7. Алексеева, А. А. Исследование эффективности плазменной обработки растительных сорбентов по отношению к ионам железа (II) / А. А. Алексеева, А. Ш. Шаймарданова, С. В. Степанова // Журнал ЭиПБ, №1-2. – Казань, 2014. – С. 12.
8. Осокин, В. М. Исследования по получению новых сорбентов из растительного сырья для очистки воды / В. М. Осокин, В. А. Сомин // Ползуновский вестник №1 – Алтай, 2013. – С. 282.
9. ООО «Эконикс-Эксперт» Руководство по эксплуатации и методика проверки. Фотометр. Эксперт-003 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва, 2011. – С. 31. ударственного технического университета, № 1, том 1. – Саратов, 2011. – С. 117.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЗАВОДОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ

*С.В. Прохорова, студентка 4 курса, С.В. Степанова, к.т.н, доц., научный руководитель
Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, г. Казань, ул. Карла Маркса 68, тел. +7 (843) 231-40-97
E-mail: p.svetlanka.v@gmail.com*

К машиностроительной отрасли относятся заводы автомобильные, тракторные, комбайностроения, сельскохозяйственных машин, автотракторной электроаппаратуры, подшипниковые, станкостроительные, инструментальные и другие. Количество производственных сточных вод на машиностроительных заводах колеблется в значительных пределах в зависимости от характера производства и их мощности.

Машиностроительные заводы характеризуются наличием ряда водоёмких производственных процессов, а следовательно, и образованием значительного количества производственных сточных вод (СВ), которые загрязняются нефтепродуктами. Сточные воды, содержащие нефтепродукты (НП) (бензин, керосин, масла, мазут, смазочно-охлаждающие жидкости), образуются в процессе обработки деталей, их промывки, расконсервации, а также при использовании в качестве топлива бензина или керосина.

Общепринятая схема очистки СВ от НП включает 3 стадии: 1) механическая очистка от грубодисперсных примесей, твердых и жидких; 2) физико-химическая очистка от мелкодисперсных частиц (флотация); 3) глубокая очистка (озонирование, сорбция, биологическая очистка).

К преимуществам сорбционного метода, безусловно, можно отнести возможность удаления загрязнений любой природы практически до любой остаточной концентрации, управляемость процессом и быстрота [3]. В качестве сорбционных материалов можно использовать отходы от уборки городских территорий, а именно лиственной опад, т.к. данный материал является отходом при уборке городских территорий и позволит не только извлекать загрязнения, но и решить проблему утилизации мусора с городских территорий.

Экспериментальная часть

Исходный продукт – осенний смешанный опад (2015 г), в качестве сорбата использовалась нефть НГДУ «Азнакаевск-нефть» (Республика Татарстан).

Целью данного исследования является создание способа получения сорбента, разработанного на основе отходов лиственного опада и его химическая модификация кремнийорганическими соединениями для очистки сточных вод машиностроительного производства.

Модифицирование образцов проводили следующим образом: в колбы объемом 250 мл помещалось 3 г смешанного лиственного опада с раствором гидрофобизатора (метилтриэтоксисилан в спир-

товой среде). Концентрацию модификатора варьировали в пределах от 1 % до 10 %. Содержимое тщательно перемешивали на мешающем устройстве в течение 1–2 ч при температурах 40 – 60 °С. Затем модификаты отделяли от раствора через фильтровальную бумагу и высушивали при комнатной температуре до постоянной массы.

Определение сорбционной емкости проводилось по следующей методике: в чашки Петри помещалась латунная сетка, наливалось по 1 мл девонской нефти (воды 70 мл) и сплошным слоем наносился исследуемый образец массой 1 г. Через 5 минут образцы изымались, после стекания некоторой части нефти/воды, взвешивались на лабораторных весах марки ВЛТ-150П до постоянной массы [3]. Остаточное содержание нефти в воде определяется методом экстракции [4].

Результаты проведенных исследований

Введены обозначения образцов: №1а – модифицированная листва изобутиловым спиртом (с концентрацией модификатора 1 %), №2а – 3 %, №3а – 5 %, №4а – 10 %; №1а-немодифицированная листва; №1б – модифицированная листва этиловым спиртом (с концентрацией модификатора 1 %), №2б – 3 %, №3б – 5 %, №4б – 10 %; №1б – немодифицированная листва.

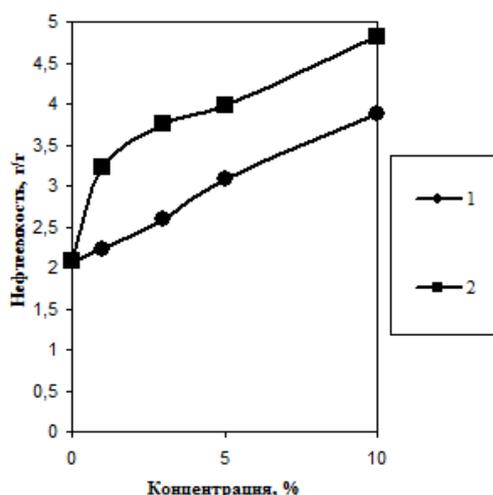


Рис. 1. Зависимость нефтеемкости от концентрации модификатора:

1 – модифицированная листва в изобутиловом спирте; 2 – модифицированная листва в этиловом спирте

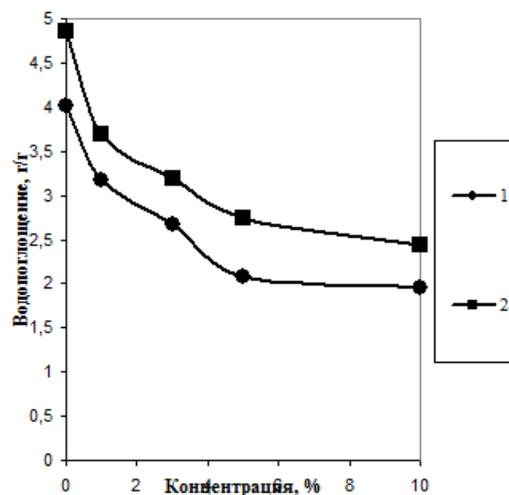


Рис. 2. Зависимость водопоглощения от концентрации модификатора:

1 – модифицированная листва в изобутиловом спирте; 2 – модифицированная листва в этиловом спирте

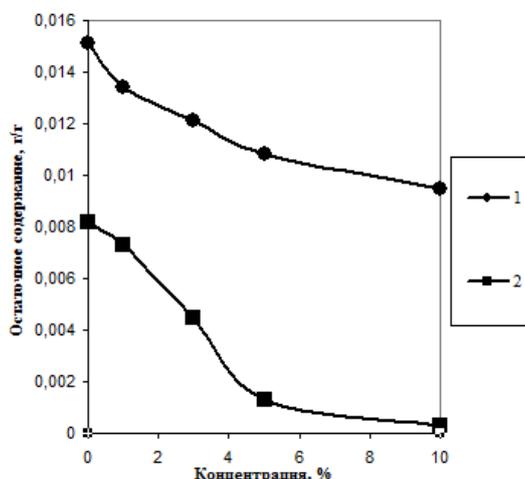


Рис. 3. Зависимость остаточного содержания от концентрации модификатора: 1 – модифицированная листва в изобутиловом спирте; 2 – модифицированная листва в этиловом спирте

Сравнительный анализ полученных результатов на рисунках 1 – 3 показывает, что предпочтительнее обрабатывать листовую опад раствором гидрофобизатора на основе этилового спирта, так как он быстро испаряется с поверхности сорбента и усиливает эффект дегидратации.

Сорбционный метод очистки СВ от НП создает эффективную систему, позволяющий в кратчайшие сроки ликвидировать последствия аварийных разливов нефтепродуктов и свести к минимуму экологический ущерб.

Литература.

1. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов вод – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-282069.html> (дата обращения 26.02.2016).
2. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/razlivy-nefti-prichiny-masshtaby-posledstviya> (дата обращения 8.02.2016).
3. Виды сточных вод. Классификация производственных сточных вод. Сточные воды машиностроительных предприятий. Общая характеристика методов очистки сточных вод, последствия – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/1004050/> (дата обращения 03.03.2016).
4. Прохорова С. В., Алексеева А. А., Степанова С. В., сборник докладов III Международной молодежной научной конференции, 238 – 241 (2015).

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Г.М. Ахмадиев, профессор

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия,

E-mail: GMAhmadiev@kpfu.ru, ahmadievgm@mail.ru

Введение. В настоящее время в Республике Татарстан накопился ряд серьезных экологических проблем, не позволяющих в полной мере достичь требуемого качества окружающей среды, обеспечить охрану природных ресурсов, добиться рационального их использования и воспроизводства на различных отраслях народного хозяйства.

Сегодня известен список проблем обеспечения экологической безопасности в Республике Татарстан, и он включает:

1. Ухудшение демографической ситуации и состояния здоровья населения;
2. Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта;
3. Химическое загрязнение питьевой воды, подаваемой населению по системе централизованного водоснабжения;
4. Загрязнение поверхностных водных объектов сбросами и выбросами промышленных предприятий, транспорта и предприятий коммунального хозяйства;
5. Аккумулятивное загрязнение почвы вследствие долговременного выброса загрязняющих веществ от автотранспорта и промышленных предприятий;
6. Экологическую опасность загрязнения окружающей природной среды от неорганизованного хранения бытовых и промышленных отходов;
7. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами от промышленных предприятий;
8. Экологическую опасность объектов на промышленных предприятиях, возможность экологических аварий и катастроф.
9. Проблемы обеззараживания и утилизации отходов городского происхождения и агропромышленного комплекса.

Состояние природной среды во многих муниципальных районах республики продолжает оставаться неблагоприятным. Уровень загрязнения воздуха, водных объектов значительно превышает установленные нормативы, происходит загрязнение, опустынивание, истощение и деградация почв, постоянно увеличиваются объемы отходов производства и потребления, из-за чрезмерных антропогенных нагрузок меняются природные ландшафты, обостряется проблема сохранения биологического разнообразия животных и растительных сообществ.

Решение проблем развития агропромышленного, топливно-энергетического комплексов, реальных отраслей экономики, в том числе нефтегазоперерабатывающего комплекса в Нижнекамском промышленном узле, проблем крупнейшего в европейской части России Куйбышевского водохранилища, проблем Нижнекамского гидроузла, экологических проблем недр- и ресурсопользования должно носить комплексный характер и включать в себя совершенствование современных передовых

технологий, создание принципиально новых наукоемких технологий, способов управления охраной окружающей среды и природопользованием, разработку действенной системы минимизации негативного воздействия на окружающую среду [6,с.7].

Известен способ изучения в растениях фермента пероксидазы, участвующего в физиологических процессах и реагирующих на внешнее воздействие, особенно в неблагоприятных экологических условиях, что дает возможность использовать активность фермента для тестовой оценки жизненного состояния древесных растений [7].

Загрязнение водной среды является одной из наиболее актуальных экологических проблем. Для оценки степени антропогенного воздействия водной экосистемы наряду с методами химического анализа используют биологическое тестирование, как интегральный показатель токсического загрязнения среды [9].

Это связано с тем, что химический анализ во многих случаях не позволяет оценить истинную опасность поступление тех или иных загрязнителей в среду обитания, спрогнозировать последствия их воздействия на живые организмы. Многообразные загрязняющие вещества воду и они могут претерпевать в ней различные превращения, усиливая при этом свое токсическое действие. По этой причине необходимы методы интегральной оценки качества воды. Среди методов биотестирования важное место занимает определение токсичности среды с использованием низших ракообразных и в первую очередь *Daphnia magna* Stratus, 1820. Эти методы широко применяются для целей экологического контроля, как в России, так и за рубежом [11; 12].

В связи с чем актуальным является разработка методики слежения за поведенческими реакциями *Daphnia magna* и использования ее для определения токсичности природных вод и водных экстрактов.

Отечественной и зарубежной наукой определены, что здоровье и жизнеспособность населения и повышение хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных растений и животных являются стратегическим потенциалом жизнеобеспечения, фактором национальной безопасности, экологической стабильности, благополучия и устойчивого развития России.

Разработка способа оценки и прогнозирования экологической и техносферной безопасности окружающей среды, укрепление иммунитета и качества жизни населения является основным научным направлением. На урбанизированных территориях Республики Татарстан (РТ) важную роль играет научно-производственный потенциал. Научно-производственный персонал региона имеет важное значение для решения дальнейшей оценки и прогнозирования национальной безопасности Российской Федерации до 2030 года.

Для достижения поставленной цели по управлению риска безопасности окружающей среды и мониторинга здоровьем населения различных категорий, важное значение имеет оценка, прогнозирование. И далее определение риска и ущербов здоровью, связанных с воздействием неблагоприятных факторов на урбанизированных территориях проживающих населению различных возрастов в РТ [1;2;3;4;5].

Целью настоящей работы является разработка способа оценки, прогнозирования и снижения риска экологических опасностей на урбанизированных территориях Республики Татарстан. Весьма актуальным является установление причинно-следственных связей в системе: техносферная среда – почва- растение - сельскохозяйственное животное- человек, выявление механизмов и закономерностей развития эффектов при действии факторов окружающей среды малой интенсивности на различные группы населения, начиная с детского продолжая до пожилого возраста [1;2;3]. Снижение же уровня экологически обусловленной и не всегда не установленной неинфекционной патологии иммунной, нервной и эндокринной системы организма населения возможно только при рассмотрении ее как части комплекса мероприятий по повышению качества жизни населения различных слоев.

Результаты исследований и обсуждение. В связи с этим, система экологического мониторинга и техносферной безопасности ориентированы на выявление управляемых факторов окружающей среды, позволяющих формировать заданный уровень качества жизни для населения и обитания и повышения хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных растений и животных. РТ является регионом с высокоразвитой агропромышленной и нефтедобывающей промышленностью, где нефть добывается на территории 22 административных районов, с ежегодным объемом добычи порядка свыше 30 млн. тонн нефти, из которых около 80% приходится на ОАО «Татнефть».

На сегодняшний день всего состоит на учете 170 месторождений, 166 из которых — мелкие (с запасами до 3 млн. тонн), 2 - средние (Бавлинское, Азнакаевское, Альметовское с запасами 3-30 млн.

тонн), 1 крупное (Ново-Елховское с запасами 30-300 млн. тонн) и 1 уникальное (Ромашкинское, с запасами более 300 млн.т.). При этом на долю Ново-Елховского и Ромашкинского месторождений приходится 55,5% добычи нефти в республике [3].

Известно, что разработка экологической и техносферно-безопасной технологии и изыскание нефтяных месторождений обычно всегда сопровождается влиянием на жизненно важные компоненты экологической системы (атмосфера, гидросфера, литосфера). Далее все это негативно сказывается и на состоянии окружающей среды, агропромышленного комплекса, а именно отражаются на хозяйственно-полезных признаках сельскохозяйственных животных и растений и на здоровье населения проживающих на урбанизированных, техносферных зонах и территориях РТ. Все это в первую очередь отражается, на иммунобиологических показателях организма детей дошкольного, школьного возраста и студентов, а именно проживающих на урбанизированных районах Республики Татарстан, где происходит нефтедобычи. Высокие темпы разработки технологии нефтяных месторождений в годы советских пятилеток и настоящее время (ежегодно добывалось около 100 млн. тонн нефти) осуществлялись, и осуществляется без достаточно объективного и достоверной оценки за изменение качества атмосферы, гидросферы и литосферы. Негативные воздействия приводящих к этим изменениям: на состоянии почвы, продуктивного здоровья сельскохозяйственных животных, растений, и тем более может приводить не обратимым изменениям на здоровье населения различных слоев проживающих в Республике Татарстан. Несмотря на все это ОАО «Татнефть» ни всегда принимает системные меры для оздоровления и ликвидации прошлого экологического ущерба на урбанизированных территориях, накопленного в результате хозяйственной деятельности компании, и обеспечения экологической и техносферной безопасности объектов нефтедобычи на территории своей деятельности.

В настоящее время размер и величины техногенных, химических, биологических и биогенных воздействий на компоненты экосистемы на территории нефтедобывающих районов Республики Татарстан все еще ни конца решен и имеют проблемный характер. Кроме всего это приводит к ухудшению биоразнообразия растений и животных, а еще к снижению продуктивности сельскохозяйственного угодья, животных и птиц. Можно констатировать ухудшение условий и экологического состояния среды обитания, приводящих к изменению качественного состава воды водных объектов, воздуха, почвы, продовольственного сырья, растительного и животного происхождения, продуктов питания. Конечным показателем оценки, прогнозирования и эффективности всех внедренных технологий и внедряемых мероприятий, направленных по охране окружающей среды являются показатели состояния продуктивного здоровья сельскохозяйственных растений, животных и больше всего здоровья населения.

Настоящее время комплексная оценка общего состояния, продуктивного здоровья сельскохозяйственных животных, растений и населения по ответной реакции организма на комплексное воздействие факторов окружающей среды позволяет интегрально учитывать влияние всех неблагоприятных факторов урбанизированных территорий Республики Татарстан. При этом оценить эффективность реализованных технологических, экологических, санитарно-гигиенических, медико-биологических, природоохранных, ветеринарно-санитарных мероприятий и далее получить достоверную информационную базу данных для дальнейшего их совершенствования.

Заключение и выводы. Таким образом, настоящее время на урбанизированной территории Республики Татарстан реализуется система санитарно-гигиенического нормирования, основанная на использовании предельно допустимых концентраций (ПДК), основным недостатком которых является неизменность для всех урбанизированных территорий России и Татарстана. В Федеральном Законе «Об охране окружающей среды» (ст. 19) регламентировано использование двух типов нормативов: нормативов качества окружающей среды и нормативов допустимого воздействия на окружающую среду, которые в настоящее время базируются на величинах ПДК. В связи с этим еще в конце XX столетия в России был поставлен вопрос о разработке экологических нормативов компонентов экосистем, в том числе и на урбанизированных территориях экологических систем[3].

В условиях экологического неблагополучия территорий региона, республики или даже страны необходимы политика и действия, направленные также на обеспечение безопасности продовольственного сырья продуктов питания. Ни малое значение имеет сохранение продуктивного здоровья, экологического благополучия и повышения хозяйственно-полезных признаков сельскохозяйственных растений и животных и экономической стабильности агропромышленного комплекса и укрепление здоровья всех слоев населения [5].

Таким образом, необходимо технология и способ или устройство для оценки, прогнозирования и снижения экологических опасностей и далее создание эффективных систем контроля локальных - техносферных урбанизированных территорий городов и районов РТ и объектов является чрезвычайно актуальной экологической проблемой для промышленно-транспортных, промышленно-строительных, нефтехимических и агропромышленных комплексов РТ. Все это требует совершенствования и приспособления, как общих методологических подходов, так и соответствующих аппаратно-методических средств, базирующихся на экспрессных методах экологических и химических измерений для оценки, прогнозирования и снижения риска экологических опасностей на урбанизированных территориях Республики Татарстан. При этом появляется возможность в дальнейшем разработать технологию и приемов снижения и предотвращения антропогенного воздействия на среду обитания живых организмов на урбанизированных территориях Республики Татарстан и даже для различных регионов России.

Литература.

1. Дорофеев С. В. Экспрессные методы и мобильные средства контроля загрязнений промышленно-урбанизированных территорий: На примере г.Москвы и Московского региона// диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.- Москва,2005,-129с.
2. Тафеева Е. А. Научное обоснование системы гигиенической безопасности и основы охраны здоровья населения нефтедобывающих районов Республики Татарстан//Дисс.на соискание ученой степени доктора медицинских наук.- Казань, 2009 -313с.
3. Тунакова Ю. А. Элементный состав биосред как интегральный показатель опасности полиметаллического загрязнения компонентов окружающей среды урбанизированных территорий и рекомендации по минимизации опасности: на примере г. Казани //Дисс. на соискание ученой степени доктора химических наук.-Казань,2006.-318с
4. Шагидуллина Р.А.Методология нормирования приоритетных загрязняющих веществ в компонентах урбоэкосистем// Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук.-Казань,2015.-31с.
5. Ахмадиев Г.М., Дмитриев А.Ф. Методологические основы и принципы оценки, прогнозирования качества и повышения экологической безопасности продовольственного сырья и продуктов питания //Современные научные исследования: методология, теория, практика: материалы VI международной научно- практической конференции (Челябинск, 23 февраля 2015г.) Челябинск: Сити-Принт,2015, с.99-121.
6. Концепция экологической безопасности Республики Татарстан (на 2007 - 2015 годы).
7. Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб.: ГИОРД, 2004. -240 с.
8. Зайцева О.В., Ковалев В.В., Шувалова Н.Е. Современное биотестирование вод, требования к тест-организмам и тест-функциям с позиций сравнительной физиологии и физиологии адаптационных процессов. // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 1994. – Т. 30, №4. – С. 575-592.
9. Моисеенко Т.И. Экотоксикологический подход к оценке качества вод // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32. – №2. – С. 184-195.
10. Филенко О.Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды // Экологические системы и приборы. – 2007. – № 6. – С. 18-20.
11. Брагинский Л.П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор) // Гидробиологический журнал. – 2000. – Т. 36, №5. – С. 50-70.
12. Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. – М.: Акварос, 2001. – 47 с.
13. ISO. Water quality determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) — acute toxicity test. ISO 6341: 1996 (E). International organization for standardization. Geneva, Switzerland
14. US EPA. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. EPA-821-R-02-012 -U.S. Environmental Protection Agency, 2002.

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ

И.Н. Войткевич, ст. тр.-преп. кафедры БЖДЭиФВ, А.И. Попонина, студентка группы 17В51,

В.Д. Борисов, студент группы 17В51,

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8 (384-51) 7-77-67

E-mail: Alena-poponina@rambler.ru, vitya.borisov.1996@bk.ru

Актуальность оценки функционального состояния здоровья студентов определяется тем, что обучение в институте, а именно, занятия физической культурой являются длительно действующим фактором, который накладывает отпечаток на индивидуальное физическое развитие студентов. Общая выносливость - это способность человека определенное время выполнять физическую работу умеренной интенсивности, требующую функционирования большого количества скелетных мышц. В данном процессе частота сердечных сокращений (ЧСС) является важным и объективным показателем активности сердечно-сосудистой системы (ССС) и физического развития человека. При этом процесс восстановления ЧСС после нагрузки - это один из важнейших показателей здоровья студентов.

Цель работы – исследование реакции на физическую нагрузку сердечно-сосудистой системы студентов ЮТИ ТПУ.

Задачи: 1. Изучить доступные методы самоконтроля функционального состояния организма.
2. Провести функциональные пробы и сделать анализ реакции организма на выполненную физическую нагрузку.

Под функциональным состоянием понимают свойства, определяющие уровень жизнедеятельности организма, а также его ответ на физическую нагрузку, в котором отражается степень интеграции и адекватности функций выполняемой работе. Наиболее важным при исследовании состояния организма, занимающегося физическими упражнениями, являются изменения систем кровообращения и дыхания. Уровень работоспособности во многом зависит от этих изменений. Важнейшим показателем функционального состояния ССС является пульс и его изменение. При изучении функционального состояния организма ЧСС исследуют в процессе проведения различных функциональных проб, а также в условиях покоя. В настоящее время существует огромное количество методов самоконтроля за функциональным состоянием организма. Рассмотрим некоторые из них.

Для контроля функционального состояния организма студентов в процессе самоконтроля или врачебного контроля применяют функциональные пробы со стандартными физическими нагрузками (например, 20 приседаний за 30-40 секунд или 15-секундный бег). Эти пробы могут использоваться в качестве критерия оценки текущего состояния организма в динамике. Главным достоинством вышеизложенных проб является простота и доступность, то есть возможность проводить их при любых условиях и выявлять характер приспособленности организма к разным физическим нагрузкам. Проведение и результат таких проб считаются полезными и информативно ёмкими. Применение пробы с двадцатью приседаниями не достаточно информативно, потому что благодаря ей можно выявить лишь очень низкий уровень физической подготовки. Для самоконтроля целесообразнее использовать более нагрузочные пробы, такие как 30 приседаний, бег на месте в течение трех минут, степ-тесты и другие. Для проведения таких проб потребуется больше времени, зато их результаты значительно информативнее.

Функциональная проба Руфье. Перед выполнением данной пробы необходим пятиминутный отдых в исходном положении лежа. Затем у испытуемого подсчитывается пульс за 15 секунд и пересчитывается на ЧСС в одну минуту (P_1). Далее испытуемый выполняет 30 приседаний за 45 секунд и вновь ложится, сразу измеряя ЧСС за 15 секунд (P_2), после этого измеряется ЧСС за последние 15 секунд первой минуты восстановления (P_3). Таким образом, проба оценивается по индексу Руфье-Диксона:

$$\text{ИРД} = \frac{(P_2 - 70) + (P_3 - P_1)}{10}$$

При величине индекса до 2,9 дается отличная оценка функционального состояния ССС, от 3 до 6 - хорошая, от 6 до 8 - удовлетворительная, выше 8 - плохая.

Комбинированная проба на скорость и выносливость была предложена С. П. Летуновым. Такая проба рассчитана на физически достаточно подготовленных спортсменов. Комбинированная проба включает разнообразную нагрузку и состоит из: 20 приседаний; нагрузки на скорость, то есть бега на месте в течение 15 секунд с максимальной интенсивностью, а также нагрузки на выносливость, а именно бег на месте в течение 3 минут в темпе 180 шагов в минуту.

Для определения реакции организма на физическую нагрузку использовали ортостатическую пробу. На основе данной пробы определили ЧСС у студентов. В эксперименте приняли участие студенты I курса ЮТИ ТПУ направления «Прикладная информатика»: 15 юношей и 5 девушек.

Данный эксперимент проводился следующим образом: в положении лежа подсчитывали пульс по 15-секундным интервалам и умножали на 4. Так вычисляли исходную частоту пульса в минуту. После чего испытуемый медленно вставал, и у него повторно, подсчитывали пульс в течение 15 секунд.

Идеальным показателем считается увеличение ЧСС до 11 уд./мин. Удовлетворительным – увеличение ЧСС на 12-18 уд./мин. Ортостатическая проба дает слабую нагрузку, а потому мало выявляет функциональные способности ССС; в основном данные пробы отражают степень возбудимости нервной системы. Результаты ортостатической пробы представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Результаты ортостатической пробы						
	№	ЧСС в ходе эксперимента		Оценка		
		Исходная ЧСС	На 2 минуте восстановления	<11 уд./мин	12-18 уд./мин	>19 уд./мин
Юноши	1	73	83	+		
	2	75	84	+		
	3	74	87		+	
	4	74	85	+		
	5	73	86		+	
	6	68	83		+	
	7	69	92			+
	8	71	81	+		
	9	72	82	+		
	10	74	81	+		
	11	71	84		+	
	12	69	80	+		
	13	75	89		+	
	14	73	84	+		
	15	70	80	+		
Девушки	16	76	89		+	
	17	72	81	+		
	18	70	81	+		
	19	75	84	+		
	20	73	81	+		

На основании проведенного исследования нами были получены следующие результаты:

У 13 студентов показатели ЧСС соответствуют норме;

У 6 студентов ЧСС колеблется от 13-17 уд./мин., что соответствует оценке удовлетворительно;

С высоким пульсом был выявлен 1 студент, данный факт свидетельствует о нарушениях гемодинамики, а, следовательно, данному студенту было рекомендовано, незамедлительно обратиться к врачу.

При проведении основной функциональной пробы (20 приседаний за 30 секунд) принимали участие те же испытуемые. Пробу проводили следующим образом: перед выполнением был обеспечен необходимый пятиминутный отдых и измерение пульса, после чего выполнялись 20 приседаний в течение 20-30 секунд. Далее повторно фиксировалась ЧСС сразу после завершения нагрузки. Затем после трехминутного отдыха проводилось еще одно измерение пульса.

Выявленные значения представлены в Диаграмме 1.

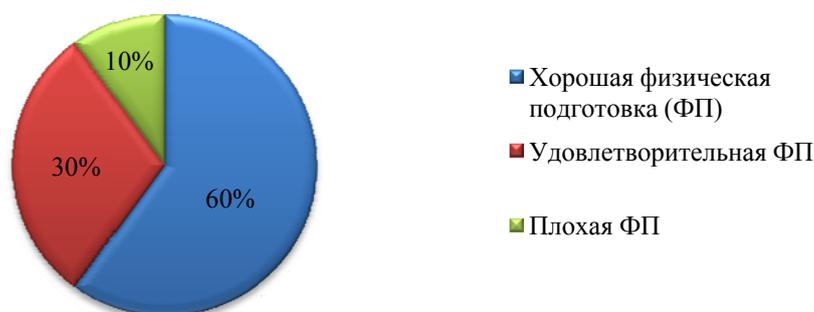


Диаграмма 1 – Оценка основной функциональной пробы

Были выявлены следующие значения и сделаны соответствующие выводы (Диаграмма 1):

1. У 12 студентов (60%) пульс сразу после приседаний возрос на 25-50% и возвратился к исходным показателям за 1-3 минуты, что говорит об их хорошей физической подготовке;
2. ЧСС после приседаний увеличилась на 50-75% и нормализовалась через три минуты у 6 студентов (30%), а это значит, что ССС исследуемых имеет неплохой функциональный резерв;
3. Выраженная одышка, учащенное сердцебиение наблюдалось у 2 (10%) студентов, ЧСС этих испытуемых возросла более чем на 75%. Мы делаем вывод, что запас прочности их ССС минимален и дальнейшие функциональные пробы им стоит проводить под наблюдением медицинского работника.

Заключение

На основании проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Из известных функциональных проб наиболее доступными для студентов при проведении самоконтроля являются ортостатическая и основная функциональная проба.
2. У 80% процентов испытуемых реакция на физическую нагрузку находится в пределах нормы. У одного студента (5%) реакция на нагрузку неудовлетворительная.

Литература.

1. Медицина и здоровье // Функциональные пробы в домашних условиях. 10.10.2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://medblog.by/zdorovyj-obraz-zhizni/funkcionalnye>. (Дата обращения: 28.03.2016).
2. Физическая культура и спорт // Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы 01.12.2007. [Электронный ресурс]. URL: <https://fkis.ru/page/1/411.html>. (Дата обращения: 29.03.2016).
3. Минисправочники. Физкультура и спорт // Экспресс-оценка уровня функционального состояния организма во время тренировочного процесса. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kakras.ru/mobile/txt/sport-test.html>. (Дата обращения: 27.03.16).
4. Физическая культура студента и жизнь: учебник / под ред. В. И. Ильинича. - М.: Гардарики, 2005, с. 204-253.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОННОЙ ФЕРРОПЫЛИ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МОНОХРОМАТА НАТРИЯ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОХМ

П.П. Лазаревский, к.т.н., Ю.Е. Романенко, к.т.н., М.Н. Лазаревская, вед. инж.

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»

654007, г. Новокузнецк ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-86-14

E-mail: lazura@ya.ru

Хром является наиболее распространенным металлом, применяемым для получения разнообразных сплавов с высокими механическими, физическими и химическими свойствами. Весьма перспективным направлением использования хрома является его применение в качестве основного легирующего элемента для производства специальных жаропрочных марок сталей. Такая сталь используется при изготовлении стволов огнестрельных орудий (от ружейных до пушечных), броневых плит, несгораемых шкафов и т.д. Стали, содержащие более 13 % хрома, обладают большим сопротивлением воздействию

агрессивных сред и применяются для производства подводных частей кораблей, в частности, для постройки корпусов подводных лодок. Добавка хрома к обычным сталям (до 5 % Cr) улучшает их физические свойства и делает металл более восприимчивым к термической обработке [1, 2].

При производстве марок сталей ответственного назначения используют хром повышенной чистоты (97,5 – 99,5 % Cr). Наиболее распространенной технологией получения хрома металлического является способ металлотермического восстановления окиси хрома металлургического (ОХМ). Требования к ОХМ в соответствии с ГОСТ 2912-79 приведены в таблице 1. Для получения ОХМ применяют хроматно-серный способ переработки хромсодержащих рудных минералов – хромитов, состоящих из различного вида хромшпинелидов с общей формулой $(Fe, Mg)O \cdot (Cr, Fe, Al)_2O_3$.

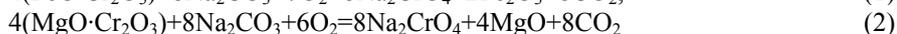
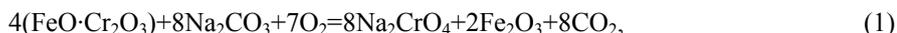
Для получения ОХМ применяют хроматно-серный способ переработки хромсодержащих рудных минералов – хромитов, состоящих из различного вида хромшпинелидов с общей формулой $(Fe, Mg)O \cdot (Cr, Fe, Al)_2O_3$.

Таблица 1

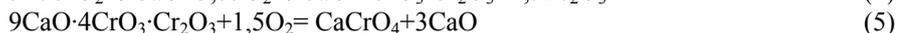
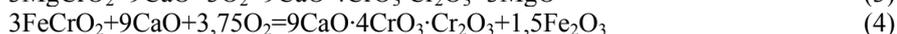
Требования к ОХМ по химическому составу

Показатели	ОХМ-0	ОХМ-1
Массовая доля общего хрома в пересчете на Cr_2O_3 , % не менее	99	98
Массовая доля влаги, % не более:	0,1	0,15
Массовая доля общей серы, % не более:	0,01	0,02
Массовая доля общего железа в пересчете на FeO , % не более:	0,1	0,15
Массовая доля углерода, % не более	0,03	0,05
Массовая доля цветных металлов, % не более: мышьяк (As)	0,002	0,002
цинк (Zn)	0,002	0,002
сурьма (Sb)	0,0003	0,0003
висмут (Bi)	0,0003	0,0003
олово (Sn)	0,0003	0,0003
свинец (Pb)	0,0002	0,0002
кадмий (Cd)	0,0003	0,0003

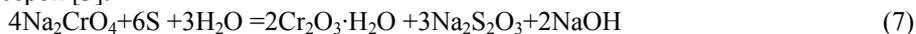
Методика вскрытия хромитов представляет собой многостадийный процесс, первая стадия которого заключается в получении монохромата натрия путем окислительной прокалки тонкоизмельченного хромсодержащего сырья с карбонатом натрия и оксидом кальция в виде доломита или известняка. Условно окислительную прокалку хромита с карбонатом натрия можно представить уравнениями реакций:



Введение CaO в виде извести или доломита способствует вытеснению оксида натрия из феррита, алюмината и силиката натрия, образовавшихся из компонентов шихты. В результате чего свободный оксид натрия образует монохромат натрия. В присутствии оксида кальция реакцию образования монохромата натрия можно представить в виде уравнений:



Для получения ОХМ образовавшийся монохромат натрия выщелачивают в воде и восстанавливают элементарной серой [3]:



Недостатком данного способа является то, что раствор монохромата натрия после выщелачивания загрязнен соединениями кальция и требует дополнительной очистки. Это существенно усложняет процесс получения монохромата натрия, и в целом оказывает влияние на качество полученного ОХМ. Хроматно-серный метод энергоемкий процесс, при котором конечный продукт содержит большое количество примесей, что ухудшает потребительские свойства окиси хрома. Кроме того,

при окислительной прокатке шихты в печах из-за высокого содержания в шихте карбоната натрия образуются настывы, препятствующие нормальной работе оборудования [4].

С целью совершенствования и оптимизации технологии получения ОХМ проведены исследования, направленные на изучение возможности получения монокромата натрия из хромсодержащих отходов ферросплавного производства, а также поиск заменителей карбоната натрия. В качестве альтернативных заменителей карбоната натрия были выбраны некоторые соли натрия (NaCl , Na_2SO_4 , NaNO_3) и щелочь натрия (NaOH) [5, 6]. Выбор материалов был обусловлен их высокой химической активностью, сравнительно невысокой температурой плавления, доступностью и низкой стоимостью.

В качестве хромсодержащего материала применяли пыль от производства высокоуглеродистого феррохрома (ферропыль), представляющую собой смесь мелких частиц руды, кокса и других шихтовых материалов, применяемых при производстве феррохрома. Химический состав ферропыли, %: 22,5 – 43,6 Cr_2O_3 ; 10,0 – 15,5 SiO_2 ; 0,2 – 0,4% CaO ; 25,2 – 33,1 MgO ; 3,2 – 5,4 Al_2O_3 ; 4,1 – 6,0 FeO ; 5,4 – 6,2 C ; 1,0 – 1,2 S . По данным рентгенофазового анализа (рисунок 1) хром в ферропыли присутствует в виде сложного соединения хромпикотита $(\text{Mg, Fe})(\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$.

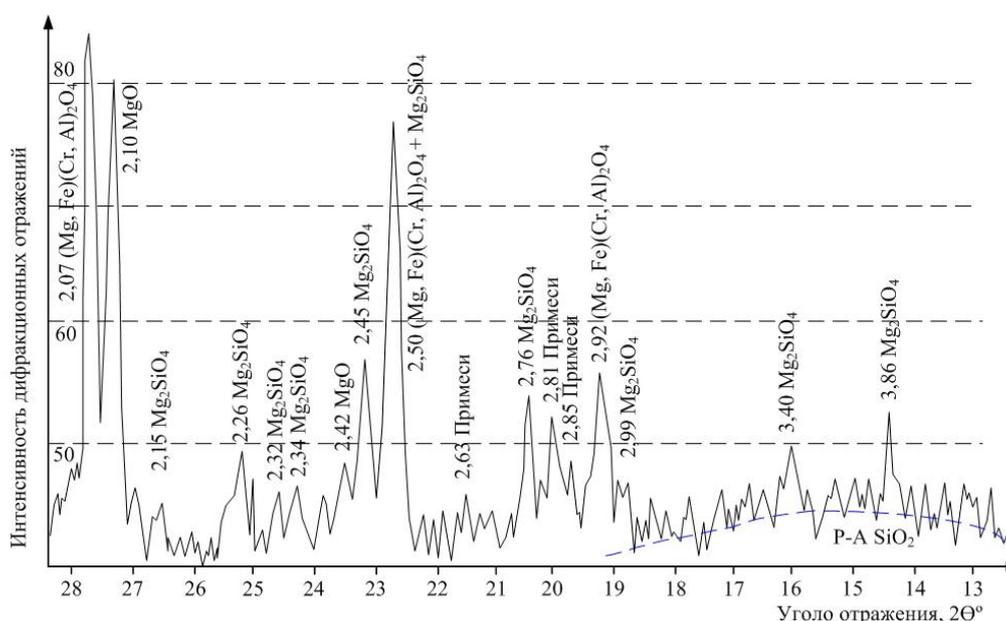


Рис. 1. Участок рентгенофазовой дифрактограммы ферропыли

Как уже отмечалось, технология получения монокромата натрия включает процесс спекания шихтовых материалов, в результате которого образуется гетерогенная система. Скорость протекания реакций в такой системе зависит от развития межфазной поверхности, в связи с чем большое значение имеет дисперсность материалов, поэтому для создания оптимальных условий протекания реакций в системе требуется тонкий помол. Учитывая дисперсность ферропыли (таблица 3), технологическая операция тонкого помола исключена, что снижает затраты на производство.

Таблица 3

Распределение частиц пыли по фракциям [5, 7]

Размер частиц, мкм	>200	200 – 100	100 – 60	60 – 20	20 – 10	10 – 1	<1
Содержание, %	34,5	12,3	19,0	25,0	7,5	1,65	0,05

Для получения растворимых соединений монокромата проведены серии экспериментов спекания хромсодержащего сырья с солями натрия и щелочью без применения оксида кальция. Для сравнительного анализа результатов и подтверждения достоверности полученных данных проведены эксперименты получения монокромата натрия по традиционной технологии с карбонатом натрия (Na_2CO_3) [8].

В каждой серии экспериментов предварительно перемешанные в барабанном смесителе ферропыль и соединения натрия подвергали окислительной прокатке в муфельной печи. Температура процесса спекания соответствовала температуре плавления натриевых соединений. Соотношение

компонентов в шихте рассчитано по стехиометрии с учетом образования силикатов, алюминатов и ферритов из ферропыли.

Результаты рентгенофазового анализа полученных после спекания продуктов позволили установить, что не во всех образцах наблюдалось вскрытие хромита и образование монохромата.

В образцах, полученных с применением сульфата, нитрата и хлорида натрия разложения хромпикотита не отмечено. На рентгенофазовых дифрактограммах зафиксирована высокая интенсивность дифракционных отражений солей натрия, это свидетельствует об отсутствии взаимодействия солей с хромпикотитом. Согласно термодинамическим исследованиям для разложения хромпикотита на элементарные оксиды и образования монохромата натрия температура процесса должна быть выше температуры ликвидус соли [3]. Однако при такой температуре реакции будут протекать в жидкой фазе солевого расплава и продуктом процесса будет сплав, а не спек, что не удовлетворяет условиям поставленной задачи – получения «рыхлого» продукта.

Рентгенофазовый анализ образцов спека ферропыли с карбонатом и гидроксидом натрия показал, что при заданных температурах эксперимента происходит вскрытие хромпикотита и образование растворимых соединений, в том числе монохромата натрия. Несмотря на качественные показатели и невысокую температуру процесса спекания недостатком применения гидроксида натрия является высокая щелочная активность материала, что может привести к выходу из строя технологического оборудования. Кроме того полученный раствор после выщелачивания спека обладает высокой щелочностью ($\text{pH} = 12$), что также влияет на работоспособность оборудования. По этой причине не рекомендуется использовать в технологическом процессе получения ОХМ гидроксид натрия в чистом виде.

На рентгенофазовых дифрактограммах продуктов спекания ферропыли с карбонатом натрия (рисунок 2) отмечено снижение интенсивности дифракционных отражений хромпикотита и появление дифракционных отражений монохромата натрия. Однако результаты рентгенофазового анализа показали, что полного разложения хромпикотита не произошло, вероятнее всего в силу недостатка карбоната натрия в шихте. Отсутствие в спеке карбоната натрия также подтверждает его недостаток. Дальнейшие исследования проводили с избытком карбоната натрия [5, 6].

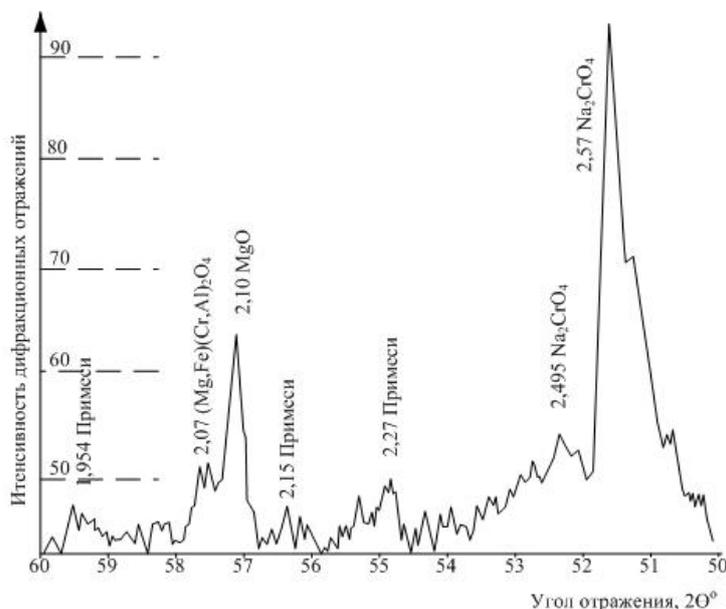


Рис. 2. Участок рентгенофазовой дифрактограммы спека ферропыли с карбонатом натрия

Отличительной особенностью ферропыли является высокое содержание оксида магния (MgO 25,2 – 33,1 %). По результатам рентгенофазового анализа (рисунок 1) и стехиометрических расчетов установлено, что 92 % MgO находятся в свободном состоянии, не образуя сложных соединений с другими элементами.

Наличие оксида магния в материале исключает сплавление ферропыли с солями натрия и щелочью при окислительной прокатке за счет образования инертного скелета в шихте, который препят-

ствуется обволакиванию твердых частиц ферропыли жидкой фазой натриевого расплава, тем самым способствует доступу кислорода к реагирующим частицам. В этих условиях шихта остается практически сухой, рассыпчатой, легко подвижной, не сплавляется и обладает хорошей газопроницаемостью. Связывание кислых оксидов ферропыли с MgO исключает необходимость применения для этой цели флюсующих добавок в виде доломита или извести.

Таким образом, можно сделать вывод, что для получения монохромата натрия из техногенных отходов производства феррохрома технологически выгодно использование карбоната натрия. Для дальнейшего извлечения монохромата натрия из спека применяли метод водного выщелачивания в автоклаве, в результате чего был получен раствор монохромата натрия с концентрацией хрома 130 – 150 г/л. Содержание примесей в растворе монохромата натрия не превышало 30 мг/л [5 – 7].

Техническим результатом проведенных исследований является упрощение способа получения монохромата натрия за счет исключения тонкого помола исходных хромсодержащих материалов, снижения плавкости шихты, исключения операции концентрирующей обработки, а создание рациональных технологических схем утилизации дисперсных материалов является экономически выгодным и экологически обоснованным мероприятием.

Литература.

1. Плинер Ю.Л., Игнатенко Г.Ф. Восстановление окислов металла алюминием. – М.: Металлургия, 1967. – 248 с.
2. Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Игнатенко Г.Ф., Лаппо С.И. Алюминотермия. – М.: Металлургия, 1978. – 424 с.
3. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, оксидов и кислот), ч. 1, изд. 4-е. испр. – Л.: Изд-во «Химия», 1974. – 792 с.
4. Пат. (RU 2258039), МПК C01G37/02. Способ получения окиси хрома / В.Я. Пиввуев, Мартин Д.В. – № 2258039; заявл. 2004.03.02; опубл. 2005.08.10.
5. Лазаревский П.П., Романенко Ю.Е. Лазаревская М.Н. Переработка техногенных отходов производства углеродистого феррохрома с целью получения хромового КХО // Сталь. – 2015. №11. – С. 63 – 65.
6. Лазаревский П.П. Ресурсосберегающее получение окиси хрома путем утилизации техногенных отходов / П.П. Лазаревский, И.О. Новиков, К.К. Осадчий. Труды Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество». – Новокузнецк: СибГИУ, 2012. – С. 125 – 127.
7. Лазаревский П.П. Экстракция хрома из отходов производства углеродистого феррохрома / П.П. Лазаревский, Романенко Ю.Е. Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». – Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. С. 110 – 114.
8. Пат. RU (11) 2281250 (13) C2, МПК C01G 37/14 (2006.01). Способ получения монохромата натрия / В.Я. Пиввуев; заявл. 2004.03.02; опубл. 2006.08.10.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ

*И.В. Счастливецва, старший-тренер преподаватель, Д.А.Архипова студент гр.10А31
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: arhipova_dasha@list.ru*

Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения. Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие детей, способствует профилактике заболеваний, повышению работоспособности и создает условия для адекватной адаптации к окружающей среде, продлению жизни людей. Сохранение и укрепление здоровья молодежи одна из главных задач государства и общества.[1]

Актуальность: Проблема здорового питания одна из самых актуальных в наши дни. Полноценное питание предусматривает потребление достаточного количества белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов для нормального функционирования организма в целом.[2]

Студенты это молодежь в возрасте 16-23 лет еще с незаконченными процессами роста и формирования организма. Важное место в сохранении их здоровья принадлежит организации рацио-

нального питания. Студенты относятся к I группе по интенсивности труда (*лица, занятые умственным трудом*), который характеризуется:

- минимальной физической нагрузкой;
- ненормированным рабочим днем;
- высоким нервно-эмоциональным напряжением.

Все это может способствовать развитию таких заболеваний, как ишемия, гипертония, неврозы. Нарушение режима питания приводит к заболеваниям желудочно-кишечного тракта.[2]

Для студентов проблема питания является одной из основных. Из-за недостатка времени у студентов нет возможности соблюдать правильный режим питания. Также влияние оказывает сидячий образ жизни гиподинамия. В сочетании с плохим рационом питания это пагубно влияет на организм и его состояние. Студенческая пора очень насыщенная и разнообразная, отличается большим перенапряжением нервной системы. Нагрузка, особенно в период сессии, значительно увеличивается вплоть до 15—16 часов в сутки. Недосыпание, нарушение режима дня и отдыха, характер питания и интенсивная информационная нагрузка могут привести к нервно-психическому срыву. В компенсации этой негативной ситуации большое значение имеет правильно организованное рациональное питание.[3,4]

Было проведено анкетирование учащихся студентов, в котором приняло участие 100 студентов. Сравнивалось потребление студентами количества калорий, и полученные данные сопоставлялись с нормами.

Анкетирование проводилось среди студентов 1, 2,3 и 4 курсов. В анкетировании принимали участие девушки в возрасте 18-22 лет. Девушки были выбраны из-за того, что именно молодые девушки практикуют неполноценные диеты, направленные на уменьшение потребления калорий и снижение веса за короткие сроки.

Исходя из полученных данных, были рассчитаны белки, жиры и углеводы в каждом продукте, а также калорийность блюд и общая калорийность за день.

Суточная потребность калорий для студенток 18—22 лет составляет 2300 ккал. Потребность в белках — 75 г, в жирах — 80 г, в углеводах — 300 г. Этого количества достаточно для нормального функционирования организма и поддержания нормальной умственной и физической активности.

Результаты исследования следующие:

- Среднее суточное потребление калорий составило 1269;
- Студенты употребляют белки в количестве 52 г;
- Количество употребляемых жиров составило 60 г;
- Среднее количество употребляемых углеводов — 154 г.

Как видно из полученных данных, студентки явно получают недостаточно калорий с пищей. В рационе питания общее употребление калорий снижено на 45 % (см. диаграмма 1), по сравнению с установленными нормами. Употребление белков в пище снижено на 31 %, употребление жиров — на 25 %, а углеводов — на 49 % (см. диаграмма 2).



Диаграмма 1. Соотношение суточной нормы калорий с потребляемой студентами

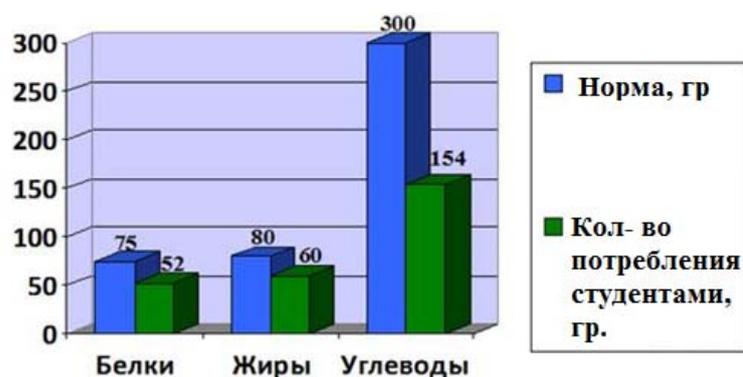


Диаграмма 2. Соотношение норм Б, Ж, У с действительным рационом студентов, в гр.

Полученные данные свидетельствует о неполноценном питании, недоедании и несбалансированном рационе.

Многие студенты ведут неправильный рацион питания. Пропускают один или несколько приемов пищи, что негативно сказывается на самочувствии студентов и их успеваемости. В среднем около 61 учащихся пропускают завтрак, либо употребляют бутерброды с чаем, что является неполноценным завтраком. В норме на первый прием пищи необходимо употреблять продукты, содержащие сложные углеводы и клетчатку (различные каши, цельнозерновой хлеб, фрукты). [5] Практически все студенты не потребляют в обеденный прием пищи горячих и жидких блюд. 2 девушек из числа студентов сознательно пропускают ужин, так как следуют диетам для контроля веса. 87 студентов практически не употребляют фрукты и ягоды, что приводит к гиповитаминозам. [6]

Последствия такого питания могут быть очень серьезными. Недоедание ведет к падению веса, исхуданию, понижению работоспособности, снижению сопротивляемости организма к заболеваниям. Отдаленные последствия недоедания выражаются в ослаблении функций пищеварительных органов, умственных способностей и др. А так как в организме молодых людей еще не завершено формирование ряда физиологических систем, в первую очередь нейрогуморальной, то они очень чувствительны к нарушению сбалансированности пищевых рационов. Также недоедание может привести к ряду нервных расстройств (появляется нервозность, расстройства сна и памяти). [6]

Незнание, неумение и неохота приготовления здоровой пищи приводит к большинству заболеваний. Так, хронические заболевания имеются у 27% студентов. Одни из первых мест у студентов занимают хронические заболевания пищеварительной системы (31%), что объяснимо сказанным ранее, простудные (30%) и сердечно-сосудистой системы (27%), и т.д. [6]

Для сохранения здоровья студентов:

- не надо набрасываться на пищу, есть надо медленно;
- кушать больше свежих и сырых продуктов (овощи и фрукты);
- составлять своё меню в зависимости от времени года;
- не готовить лишнего и не доедать вчерашнее;
- ограничить прием в пищу шоколада и других концентрированных продуктов;
- последний прием пищи должен быть не позднее, чем за два часа до сна.
- Питаться не менее 3—4 раз в сутки. Больше кушать жидкие и горячие блюда.
- Вычеркнуть из рациона питания вредные продукты (чипсы, сухарики, шоколад).
- Отказаться от диет по снижению веса.

Литература.

9. Чепурная Е.А., Павлова Т.Ю., Климова И.Г. статья «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ» \\\ <http://sibac.info/studconf/natur/xviii/37942>
10. Статья «Биологически активные добавки» \\\ http://www.iamok.ru/podm/profilak_med/pitanie/bad.html
11. Цаплева Ульяна, статья «Студенты и здоровое питание» <http://www.medroad.ru/raznoe/styudenti-i-zdorovoe-pitanie.html>
12. Статья «проблемы питания современных студентов» http://uchi.ucoz.ru/load/baza_referatov/bezopasnost_zhiznedejatelnosti/...
13. Статья «Беседа для родителей о здоровом питании» <http://pandia.ru/text/78/484/30223.php>
14. Статья «Питание это серьезно» <http://ds7ishim.ru/content/pitanie-eto-serezno>

ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА

С.Е. Коротков, студент 17Г51,

научный руководитель: Солодский С.А.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Пыль является наиболее распространенным неблагоприятным фактором производственной среды.

На угольных шахтах ежегодно происходят десятки вспышек и взрывов угольной пыли [1]. Наибольший резонанс в обществе вызывают взрывы угольной пыли с катастрофическими последствиями для работников и громадными разрушениями для предприятия. Из прошлого и современного обобщенного трагического опыта установлено, что взрывы угольной пыли являются одними из самых опасных и сложных (рис. 1). В результате часто возникают пожары, обрушения, завалы в горных выработках, отравления и другие не менее тяжелые последствия.

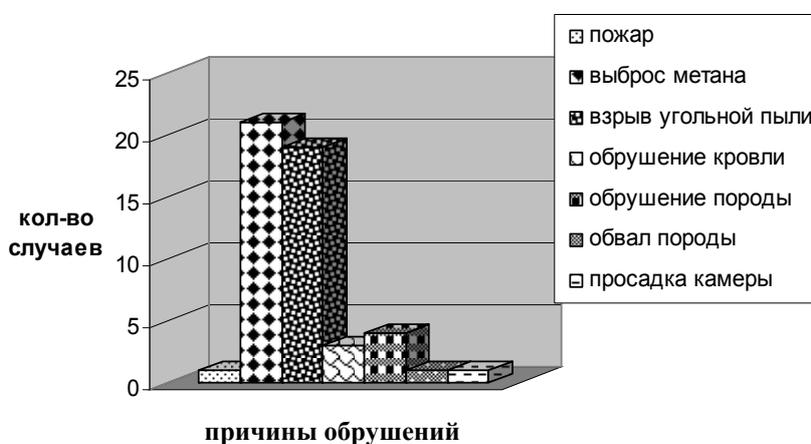


Рис. 1 Причины взрывов на шахтах Кузбасса (2000-2015 гг.)

Производственная пыль в зависимости от ее характера может вызывать профессиональные пылевые заболевания легких, поражения глаз, кожи [2]. Поэтому борьба с пылью – важная задача, как с гигиенической точки зрения, так и с позиций промышленной безопасности (рис. 2)

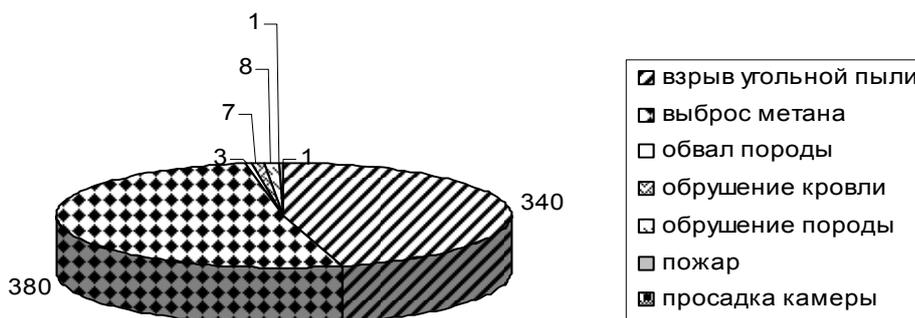


Рис. 2 Смертность при авариях на шахтах Кузбасса (2000-2015 гг.)

Из диаграммы видно, что наибольшая смертность возникает из-за выброса метана и взрывов угольной пыли.

Несмотря на то, что в угольной отрасли предусмотрена система мероприятий по борьбе с производственной пылью и профилактике профессиональных пылевых заболеваний легких, высокая запыленность воздуха подземных выработок продолжает оставаться ведущим вредным производственным фактором (рис 3).

Производственная пыль (аэрозоль) – это совокупность мельчайших твердых частиц, образующихся в процессе производства, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающих.

Существует ряд факторов, сопутствующих возникновению профессиональных заболеваний рабочих угольной промышленности. Прежде всего, это контакт шахтеров с некоторыми видами пыли. Можно сказать, что производственная пыль – самый неблагоприятный фактор, влияющий на здоровье человека. Если речь идет о работе горняков, то на организм рабочих отрицательно влияет именно угольно-породовая пыль.

Профессиональные заболевания шахтеров в первую очередь затрагивают органы дыхания и сердечно-сосудистую систему. Насколько высок вред от сильного скопления углекислого газа, недостаточного содержания кислорода, накопления в атмосфере шахты оксида углерода, метана, оксидов азота, сернистого газа можно судить по количеству и разнообразию заболеваний, характерных именно для работников угольной промышленности.

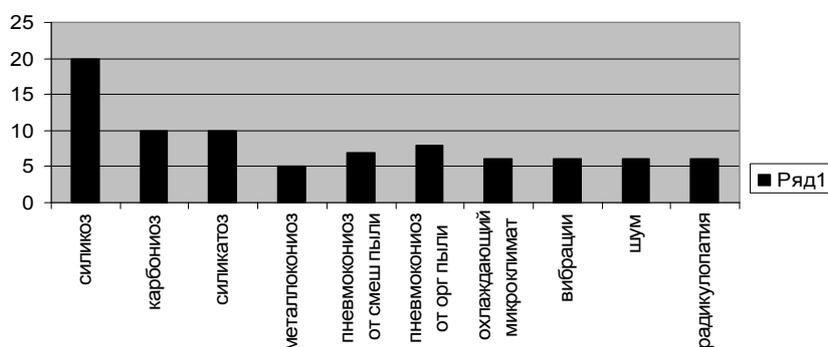


Рис. 3. Основные производственные факторы на шахтах Кузбасса

Профессиональные заболевания шахтеров в первую очередь затрагивают органы дыхания и сердечно-сосудистую систему. Насколько высок вред от сильного скопления углекислого газа, недостаточного содержания кислорода, накопления в атмосфере шахты оксида углерода, метана, оксидов азота, сернистого газа можно судить по количеству и разнообразию заболеваний, характерных именно для работников угольной промышленности.

Профессиональное заболевание, развивающееся при длительном вдыхании пыли, называют **пневмокониозом**. Это заболевание составляет наибольший процент из всех профессиональных заболеваний. Второе место занимают заболевания, обусловленные действием шума, вибраций и неблагоприятного микроклимата [4], а также заболеваний, связанных с физическими перегрузками органов и систем организма (рис. 3).

Академией медицины труда (АМТ) РАМН была разработана следующая классификация пневмокониозов:

1. силикоз;
2. силикатоз;
3. карбониоз;
4. металлокониоз;
5. пневмокониоз от смешанной пыли;
6. пневмокониоз от органической пыли.

Силикоз – наиболее распространенный и тяжело протекающий вид пневмокониоза, профессиональное заболевание легких, обусловленное длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния. Зачастую осложнено туберкулезом.

Силикатоз – возникает при попадании в легкие пыли солей диоксида кремния. Характеризуется значительными изменениями легких. Течение заболевания в большинстве случаев более благоприятное, осложнение туберкулезом наблюдается реже.

Для **карбониозов** характерно медленное развитие эмфиземы легких.

Металлокониозы (алюминоз, баритоз, сидероз, мангакониоз и др.) характеризуются соответствующей хронической интоксикацией (т.е. пылью алюминия, бария, магния).

Пневмокониозы от смешанной пыли характеризуются главным образом сильными изменениями на клеточном уровне, благоприятным течением заболевания.

Пневмокониоз от органической пыли: муки (амилоз), табака (табакоз) выражены умеренным легочным фиброзом.

Для примера, в Казахстане проводили следующий опыт. Брели четырехмесячных крыс (этот возраст соответствует примерно 40 годам человека). Зверьков делили на три группы. Одним вводили в легкие угольную пыль. Вторую группу, не отравленную углем, помещали в ящики, где они бегали по специальным тренажерам. В третьей группе совмещали угольное воздействие с физической нагрузкой. Эксперимент длился 4 месяца (за это время крыса должна была превратиться в «работника» с хроническими заболеваниями).

Ученые обнаружили очень большие изменения в организме крыс, а особенно тех, которые получили и дозу пыли, и физическую нагрузку. Выяснилось, что в первую очередь на клеточном уровне страдает щитовидная железа. Сначала она вырабатывает чрезмерное количество гормонов, выбрасывая их в кровь. Но потом деятельность щитовидки, наоборот, снижается. В результате страдают клетки, отвечающие за удержание кальция, и он начинает вымываться из организма. Ученые констатировали, что у подопытных крыс развился остеопороз. Людям этот недуг грозит болями в суставах и ломкостью костей. А под воздействием угольной пыли остеопороз развивается даже у молодых рабочих.

Пыль оказывает воздействие также на кожу и глаза. Пыль, проникая в кожу, может вести себя как инородное тело, не вызывая со стороны кожи никакой реакции, а может вызвать воспалительные явления, выражающиеся в припухлости, красноте и болезненности кожи.

Действие пыли на глаза вызывает такое заболевание, как конъюнктивит.

Профессиональное заболевание **бурсит** часто встречается у шахтеров и характеризуется воспалением слизистых сумок суставов под влиянием длительного давления или трения. Причина появления бурсита – травма, повторные механические раздражения, инфекции. При остром бурсите на месте слизистой сумки появляется округлая ограниченная припухлость диаметром 8-10 см.

Анализируя все вышесказанное, следует сделать вывод о том, что повсеместно должны проводиться профилактические мероприятия, направленные на снижение профзаболеваемости среди рабочих горной промышленности.

Вот некоторые из них:

1. Научно обоснованная разработка системы мер, направленных на сохранение здоровья трудоспособного населения, подрастающего поколения и населения шахтерских городов.

2. Разработка социально-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий по управлению рисками профзаболеваний на угольных предприятиях.

3. Использование методов прогноза индивидуальных рисков различных видов профзаболеваний с учетом условий труда и стажа работы.

4. Научное определение безопасного стажа работы по ведущим профессиям.

5. Разработка методов определения индивидуальной устойчивости или предрасположенности к проф. заболеваниям на основе генетических, физиологических и биохимических признаков.

До введения технических мероприятий по ограничению вредных факторов и с учетом низкой эффективности средств индивидуальной защиты рекомендуются все формы защиты временем (рациональные режимы труда и отдыха, сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск) с обязательным мониторингом работающих. В настоящее время ни одной стране мира не удалось добиться полной нормализации условий труда и устранения повышенных рисков для здоровья трудящихся, участвующих в производственных процессах. Однако в каждой стране ведется работа по оптимизации труда в условиях конкретного производства в целях минимизации воздействия неблагоприятных факторов на организм работающих.

Литература.

1. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/fgtu/pimacheva/library/stat.htm>
2. А.С. Голик, В.А. Зубарева, В.А. Огурецкий, Л.М. Полен. Охрана труда на предприятиях угольной промышленности. М.: Горная книга, 2009.
3. В.И. Городниченко, А.П. Дмитриев. Основы горного дела. М.: Горная книга, 2008.
4. К.З. Ушаков, Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирич, М.А. Сребный, Е.Я. Диколенко, А.М. Ильин, А.П. Семенов. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело. М.: МГГУ, 2002.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫМИ ОБОЛОЧКАМИ ПЛОДОВ ОВСА

А.А. Шайдуллина, С.В. Степанова, канд. техн. наук, доц.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, тел. (843)231-40-97

E-mail: aliashaidul@mail.ru

Машиностроительные предприятия являются одним из основных источников загрязнения гидросферы [1].

Количественный и качественный состав стоков машиностроительных предприятий разнообразен и зависит от технологических процессов, используемых в производственном цикле. В основном производственные сточные воды содержат взвешенные вещества, нефтепродукты, ПАВ и ионы тяжелых металлов, что особенно характерно для сточных вод гальванического производства [2].

В водной среде нефтешламы образуют пленку, которая взаимодействует с естественной поверхностной пленкой, увеличивая ее толщину и образуя квазиравновесную систему [3].

Пленка углеводородов препятствует поступлению кислорода в воду, нарушается воздухообмен. Кроме того, часть вредных углеводородов растворяется в воде и пагубно воздействует на обитателей гидросферы [4].

Нефтепродукты удаляют с помощью различных методов и технических средств, обеспечивающих локализацию нефтяного загрязнения, сбор нефти с помощью механических средств, поглощение ее сорбентами, рассеивание нефтяных пленок химическими или биологическими препаратами, сжигание нефти и др. Как показывает мировая практика, наиболее перспективным и экономичным способом очистки от органических загрязняющих веществ является сорбционный метод [5].

В качестве сырья для производства сорбентов растительного происхождения используются: лужга гречки и подсолнечника, шелуха овса и риса, черная скорлупа грецкого ореха, кукурузные початки (отходы), отходы переработки трав, опавшая листва, солома, камышовая сечка, соцветия тростника. Использование всех этих материалов, являющихся потенциальным местным сырьем для производства сорбентов, позволяет увязать ликвидацию отходов сельскохозяйственного производства с природоохранной деятельностью [6].

Для увеличения поглотительной способности сорбентов применяются различные способы обработки исходного растительного материала – механические, физические, химические и физико-химические методы, включая термическую обработку сырья [7].

В исследовательской работе в качестве сорбентов рассматривались оболочки плодов овса (ОПО), термически обработанные оболочки плодов овса (ТОПО) и активированный уголь, сорбентом является девонская нефть Тумутукского месторождения. Термическая обработка ОПО проводилась при температуре 150-160 °С в течение 15 мин.

При использовании ОПО, ТОПО и активированного угля для сорбции девонской нефти получили зависимости, представленные на рисунке 1. Для этого проводили следующий эксперимент: в 7 чашек Петри наливали по 35 мл девонской нефти, далее опускали навеску сорбционного материала массой 1 г в латунном коробе и выдерживали 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30 минут. После, насыщенный нефтью образец взвешивали на лабораторных весах, и строили график зависимости.

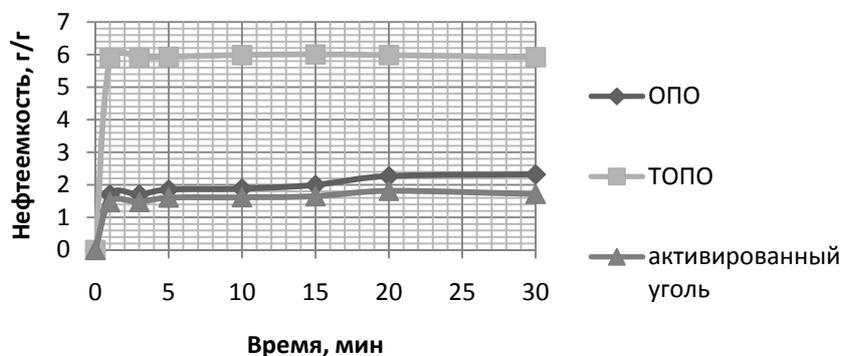


Рис. 1. Зависимость нефтеемкости сорбентов от времени

Данные, представленные на рисунке 1, показывают, что поглощение девонской нефти с течением времени идет равномерно, и с увеличением времени выдержки нефтеемкость сорбента увеличивается. Полное насыщение сорбентом происходит за 20 минут. Из полученных данных видно, что лучшим сорбентом нефти и нефтепродуктов является ТОПО, нефтеемкость которой составляет 6,0074 г/г.

При ликвидации нефтяных разливов сорбентами, кроме нефти, поглощается и вода. Поэтому при выборе адсорбента нужно учитывать и водопоглощение. Эксперимент проводили аналогично определению нефтеемкости сорбентов, и построили график зависимости, который представлен на рисунке 2.

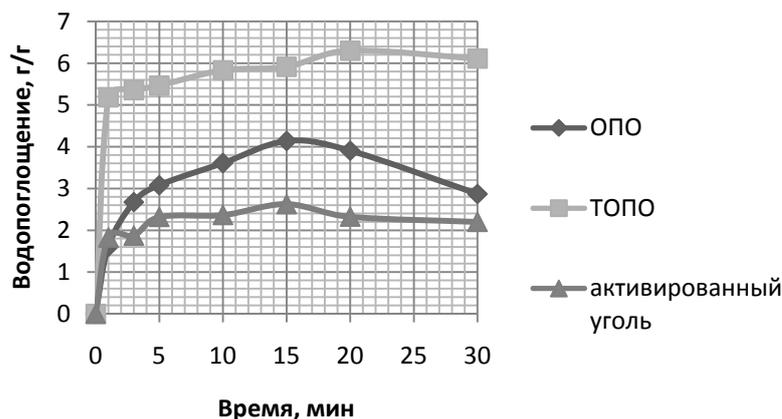


Рис. 2. Зависимость водопоглощения сорбентов от времени

Как видно из рисунка 2, полное насыщение пор сорбентов ОПО и активированного угля водой происходит в течение 15 минут, а ТОПО в течение 20 минут. При анализе полученных данных видно, что способность всех сорбентов поглощать воду довольно велика, которое обусловлено растительным происхождением исследуемых образцов. Способность впитывать воду у ТОПО больше на 1,7775 г/г, чем у ОПО и на 3,2883 г/г, чем у активированного угля.

Затем определили остаточное содержание нефти в воде методом экстракции [8]. Процесс сорбции проводился с помощью имитации нефтяного загрязнения (1мл) в определенном объеме воды (70 мл). Зависимость остаточного содержания нефти в воде после сорбции представлена на рисунке 3.

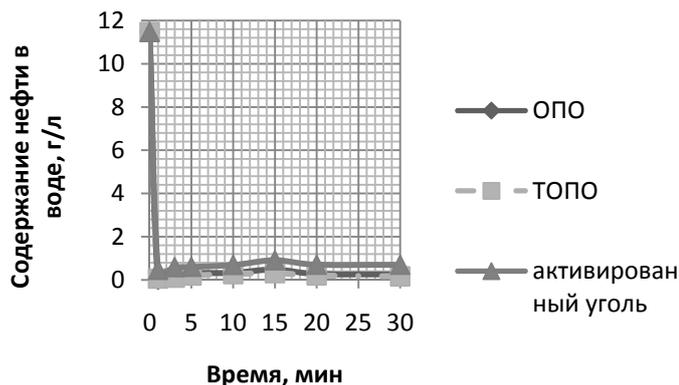


Рис. 3. Зависимость остаточного содержания нефти в воде от времени

При анализе полученных кривых можно сказать, что наибольшее остаточное содержание нефти наблюдается после сорбции активированным углем. Наименьшее остаточное содержание нефти в воде наблюдается через 1 минуту, которая составляет 0,4662 г/л, а наибольшее при 15 минут: 0,9112 г/л.

Проведенные исследования показывают не только возможность использования ТОПО в качестве нефтесорбента для очистки сточных вод машиностроительных предприятий, но и высокую эффективность очистки – 99,45%.

Литература.

1. Тарасова Е.В. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий / Известия МГТУ «МАМИ» . - 2010. - № 1(9), - с. 170.
2. Павлов Д.В. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий / Д.В. Павлов, С.О. Вараксин, В.А. Колесников // Водоснабжение и канализация. – 2008. - № 1, - с. 43-45.
3. Климов, Е. С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 201 с.
4. Собгайда Н.А. Сорбционные материалы для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов / Вестник ХНАДУ. - 2011. - № 52, - с. - 120-124.
5. Уткина Е.Е. Использование сырьевых ресурсов региона для решения проблем загрязнения водных объектов нефтепродуктами / Е.Е. Уткин, В.Ф. Каблов, Н.У. Быкадоров // Фундаментальные исследования . - 2011. - № 8, - с. 406-409.
6. Луценко А.Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов / Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". - 2012. - № 3(43), - с. 1-8.
7. Шевелева И.В. Сорбенты на основе рисовой шелухи для удаления ионов Fe(II), Cu(II), Cd(II), Pb(II) из растворов / И.В. Шевелева, А.Н. Холомейдик, А.В. Войт, Л.А. Земнухова // Химия растительного сырья. - 2009. - № 4. – с. 171-176.
8. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. -М.: Химия, 1984, – с. 448 .

ВРЕД И ПОЛЬЗА ПРОТЕИНА

В.Г. Осипова, студентка группы 10В41,

научный руководитель: Счастливецва И.В.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Все спортсмены, которые в силу многих причин вынуждены употреблять специальные пищевые добавки, часто задаются вопросом: вредно ли спортивное питание. Для начала нужно разобраться, что принято понимать под данным термином, а затем уяснить его минусы и плюсы. Спортивное питание – это комплекс пищевых добавок [1], занимающий свое место в рационе питания бодибилдеров или других спортсменов, для которых важно иметь сильное и стройное тело. Спортивное питание предназначено для: жиросжигания, набора мышечной массы, улучшения самочувствия. Для сжигания жиров используют различные жиросжигатели, для набора мышечной массы полезно употреблять углеводно-белковые коктейли, гейнеры, а мультивитаминные и минеральные комплексы позволяют улучшить самочувствие. Специализированное питание несет пользу для бодибилдеров, но чтобы не нанести вред, важно учитывать массу тела и некоторые другие факторы. Людям с лишним весом калорийные пищевые добавки противопоказаны. Для спортсменов важно совмещать здоровое питание со специализированным питанием, которое нужно уметь подбирать индивидуально, чтобы избежать побочных эффектов. Спортсмены должны соблюдать баланс питательных веществ и калорий. Обычное питание становится спортивным тогда, когда подчиняется определенным правилам. [1]

Спортивное питание – это не продукт химии, а натуральные добавки, полученные путем извлечения некоторых необходимых организму веществ из обычных продуктов. Специализированное питание для спортсменов не может нести никакого химического вреда здоровью[2]. Спортивное питание не наносит ущерба пищеварительной и выделительной системе. Спортивное питание включается в рацион как дополнение с целью скорректировать энергетический баланс в течение короткого срока времени. В этом его очевидная польза. Как и при употреблении любых других добавок, здесь также необходимо соблюдать меру, при этом делая акцент на индивидуальные характеристики каждого человека. Ввиду того, что всевозможные гейнеры и протеин созданы, чтобы восполнить утраченную энергию, они обладают большой калорийностью. Вредно ли спортивное питание женщинам? Доказательств на этот счет нет. Главное: и мужчинам и женщинам необходимо соблюдать дозировку и выбирать качественные добавки. Таким образом, особых побочных эффектов у спортивного питания нет. Важно уметь выбирать качественное спортивное питание. [2]

Протеин является вторым названием белка, ну а белок это важный элемент, который обеспечивает нормальную работу для нашего организма, путем пополнения резервов «строительного материала» для мышц и суставов. Что касается мышечной ткани, то ее основным компонентом является белок. Для того что бы построить новую клетку, организму не обойтись без аминокислот, которые

организм извлекает из поступившего в организм белка. Что же касается мышц, то без белка они обойтись не смогут, протеин имеет большую пользу для нашего организма. Протеин теперь уж значительно отличается от того протеина, который был еще в девяностых годах. Сегодня он проходит глубокую очистку, избавляясь при этом практически от всех примесей. Даже специалисты установили тот фактор, что при регулярном употреблении протеина спортсмены действительно ускоряют процесс роста мышечной массы, также протеин помогает быстро восстановиться после большой нагрузки [3]. На тренировках после получения больших нагрузок, не всегда обычное питание может восстановить мышцы и обеспечить достаточно сырья для их эффективного роста. Но протеиновые коктейли помогают это сделать довольно таки быстро. [3]

Сущность протеина это белки — высокомолекулярные органические вещества, состоящие из соединённых в цепочку пептидной связью аминокислот. В случае со спортивным питанием, протеины – это порошок, с высоким содержанием белка, низким содержанием жиров и углеводов. Чаще всего протеиновые порошки имеют концентрацию белка от 60% до 90%. Белок в них является легкоусвояемым. Степень усвоения для разных людей разная и колеблется от 80% до 95%. Это означает, что большинство людей могут усвоить белок из протеинового порошка почти полностью. Для сравнения белок из куриного мяса может усваиваться только на 60-80%, яичный белок до 95%, молоко до 95% (исключения – индивидуальная непереносимость компонентов молока), но, не смотря на всю внешнюю привлекательность этих продуктов, протеин имеет свои плюсы. В основном это легкость употребления [1].

Протеиновый порошок это не панацея, у любого продукта есть свои плюсы и минусы. Минусы заключаются в том, что практически не содержат витаминов и микроэлементов, за редким исключением, когда производители обогащают протеин вышеперечисленными веществами дополнительно, но тогда это уже называют не протеином, а например «мультикомплекс белков и витаминов» ну или что-то подобное. Так же протеин является сухим порошком, употребление которого не может быть безграничным. Употреблять подобные продукты рекомендуют в пределах (15-30%) от общего количества пищи. Этот аспект важен «большим» спортсменам. Получая белок из протеинового порошка, отпадает необходимость употреблять определенное количество другой пищи, т.к. все нужное уже получено организмом. А это уже иногда приводит к чувству голода. Сам по себе протеин, независимо от продукта, из которого он произведен (молоко, сыворотка, соя и т.д.) в чистом виде не самый приятный на вкус продукт. В связи с этим производители вынуждены добавлять в него подсластители, вкусовые заменители, красители и прочее. Ряд этих добавок попросту вреден. Но, с другой стороны, те же самые добавки встречаются практически во всех продуктах которые можно купить в супермаркете. [5]

Проведя сравнение [1] самых популярных спортивных протеинов и чипсов, шоколадных батончиков, жевательных резинок и т.п. оказалось, что содержание различных добавок в протеинах в разы меньше и по суммарному количеству и по разнообразию, чем в самых популярных чипсах, сухариках, напитках и прочих продуктах. Плюсы протеинового порошка: Легкость употребления. Легко и приятно пьется, удобно размешивается в любых условиях. Протеин легко усваивается почти на 100%. Протеин является диетическим продуктом, содержание жиров в нем меньше чем в любом другом продукте. Протеин безопасен для здоровья. Спортивный протеин изготавливается из натурального сырья. Чаще всего это молочная сыворотка, оставшаяся после приготовления сыра (итог – сывороточный протеин), молоко (итог – молочный протеин), соя (итог – соевый протеин) и другие. Следует всегда помнить о том, что протеиновый коктейль это не альтернатива мясу или молоку, это такой же продукт питания, который можно, а иногда и нужно употреблять в пищу. Это источник белка, и не более. Протеин это белок, протеиновый порошок состоит из аминокислот, в данном случае из 18 аминокислот таких как аланин, гистидин, треонин и др. Степень усвоения белка зависит от пропорции, в которых содержатся аминокислоты.

Литература.

1. Сущность протеина. Плюсы и минусы порошка. [электронный ресурс] URL: <http://favouritesport.ru/info/sports-food/protein.html>
2. Что лучше, протеин или креатин. [электронный ресурс] URL: <http://vtrenirovke.ru/chto-luchshe-protein-ili-kreatin/>
3. Вред протеина и польза для роста мышц. [электронный ресурс] URL: <http://vtrenirovke.ru/vred-proteina>
4. Нарращивание мышц. [электронный ресурс] URL: <http://idexramage.animetalk.ru/viewtopic.php>
5. Питание и спорт? Что нужно знать? [электронный ресурс] URL: <http://sportkompas.ru/stati/pitanie-i-sport-chto-nuzhno-znat/>

СЕКЦИЯ 5

**Передовые технологии и техника
для агропромышленного
комплекса и разработки недр**

**ЭКОЛОГИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННО-
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДСИСТЕМ АПК**

И.Н. Афиногенова, к.х.н., доцент

Воронежский экономико-правовой институт

394042, г. Воронеж, пр. Ленинский, 119а, тел. (473)-272-79-39

E-mail: amista2007@rambler.ru

Проблема охраны окружающей среды имеет глобальный характер и поэтому должна решаться не только применительно к конкретному предприятию или производственному циклу, но в масштабах отдельных городов и промышленных центров, регионов, всей территории страны, группы стран, отдельных континентов и всего земного шара.

Воронежская область – крупный индустриально-аграрный центр России, располагающий значительным природно-экономическим потенциалом. Главное богатство Воронежской области – ее земельные ресурсы, среди которых преобладают черноземные почвы. Земельные ресурсы региона представлены 4,1 млн. га сельскохозяйственных угодий, в т.ч. 3 млн. га пашни на высокопродуктивных черноземах.

Сегодня в сельском хозяйстве Воронежской области создается более 11% валового регионального продукта, в сельской местности проживают 36% общей численности населения, что заметно превышает среднероссийский показатель (27%).

В многоотраслевой структуре агропромышленного комплекса области функционирует около 600 сельскохозяйственных предприятий, более 4,0 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств и 400 тыс. личных подсобных хозяйств граждан, более 200 предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности.

Пищевая и перерабатывающая промышленность – одна из стратегических отраслей экономики, призванная обеспечить устойчивое снабжение населения необходимыми качественными продуктами питания. Предприятия пищевой промышленности перерабатывают огромное количество продуктов сельского хозяйства, речного и морского промысла.

Предприятия, перерабатывающие продукцию сельского хозяйства (консервные, спиртовые, молокозаводы, мясокомбинаты и др.), оборудованные, как правило, примитивными очистными сооружениями, а во многих случаях не имеющие вообще никаких сооружений, вносят значительный вклад в загрязнение окружающей среды [3].

В последние годы из-за общего спада производства переработка отходов практически не производится. В связи с этим в зонах расположения перерабатывающих заводов в период сезона большое количество отходов и испорченного сырья загрязняет окружающую среду. Основной экологической задачей всех производств на современном этапе является сохранение на соответствующем уровне качества окружающей природной среды.

Решение проблемы, связанной с загрязнением окружающей среды отходами производства (жидкие, газообразные, твердые), лежит, несомненно, в необходимости проведения экологизации производств, а именно, в разработке и внедрении маловодных, бессточных технологических процессов, замкнутых по отношению к окружающей среде [2].

Малоотходные и безотходные технологии позволяют с одной стороны – максимально и комплексно извлекать все ценные компоненты сырья, превращая их в полезные продукты, а с другой – устранять или уменьшать ущерб, наносимый окружающей среде в результате выбросов производства.

В настоящее время перевод производства на замкнутые циклы рассматривается как одно из фундаментальных направлений в решении вопросов рационального использования природно-сырьевых ресурсов и охраны окружающей среды. Организация производства в рамках замкнутой технологической цепочки «сельское хозяйство – перерабатывающая промышленность–торговля» возможна, в частности, в рамках создания вертикально-интегрированных агропромышленных структур: агрокомбинатов, холдингов и т.д. [6].

Утилизация отходов и глубокая переработка производства приобретают все большее экономическое значение, поскольку влияют на повышение себестоимости выпускаемой продукции. Это обстоятельство будет и в дальнейшем негативно сказываться на конкурентоспособности перерабатывающих предприятий АПК вследствие наметившейся тенденции к ужесточению государственного контроля за соблюдением природоохранного законодательства, а также общего усиления конкуренции на рынке.

При этом вступление России в ВТО и возрастающие требования современного рынка диктуют необходимость создания и внедрения в производство технологий с низкой энерго-, ресурсо- и капиталоемкостью, позволяющих выпуск качественной и конкурентоспособной продукции [4].

Вместе с тем, отходы агропромышленного комплекса - привлекательное сырье для получения тепловой и электрической энергии, прямого использования в сельском хозяйстве, а также производства материалов [1].

Значительную часть отходов АПК (более 80%) составляют отходы сельского хозяйства, то есть растениеводства и животноводства. Некоторые виды сельскохозяйственных отходов (солома колосовых, навоз КРС, свиной навоз, птичий помет) целесообразно перерабатывать для получения тепловой и электрической энергии.

Так, в частности, в 2014 году общий объем выращенных в растениеводстве культур Воронежской области (зерновые, технические, кормовые и овощные) составил 10130 тыс.т. В растениеводстве и промышленности по переработке продукции растениеводства ежегодно образуется около 20 млн. т отходов. Из них около 60% - первичные отходы, образующиеся после сбора урожая, и 40 % - вторичные отходы, получаемые в результате технологических процессов превращения целевого сырья в пищевую продукцию.

В 2013 году общее поголовье животных (рогатый скот, лошади, свиньи, птица, кроли) на предприятиях Воронежской области составило более 1300 тыс. голов. Ежегодно в животноводстве и промышленности по переработке продукции животноводства образуется до 300 тыс. т отходов. Из них первичные отходы (навоз и помет) составляют около 97% всей массы отходов животноводства.

Следовательно, наиболее целесообразными технологиями переработки отходов сельского хозяйства в условиях Воронежской области являются:

- сжигание, преимущественно для сухих материалов (содержание сухого вещества более 40%);
- анаэробное сбраживание с получением газообразного топлива - для влажных материалов (содержание сухого вещества менее 12%).
- применение в качестве подстилки для животных;
- переработка и использование в качестве полезных кормовых добавок для животных;
- применение в качестве органических удобрений;
- производство вторичных материалов.

Для принятия решения о внедрении проектов по переработке отходов, образующихся на предприятии АПК, нами предлагается следующий алгоритм (рис. 1).

Вместе с тем, существенный прогресс в сфере вторичной переработки отходов с условиях дефицита оборотных средств у сельхозтоваропроизводителей может быть достигнут лишь за счет привлечения средств крупного бизнеса. При этом необходима централизованная комплексная система организации управления отходами, включающая [5]:

- анализ эколого-экономической деятельности промышленных предприятий с выдачей рекомендаций по минимизации отходов на стадии образования;

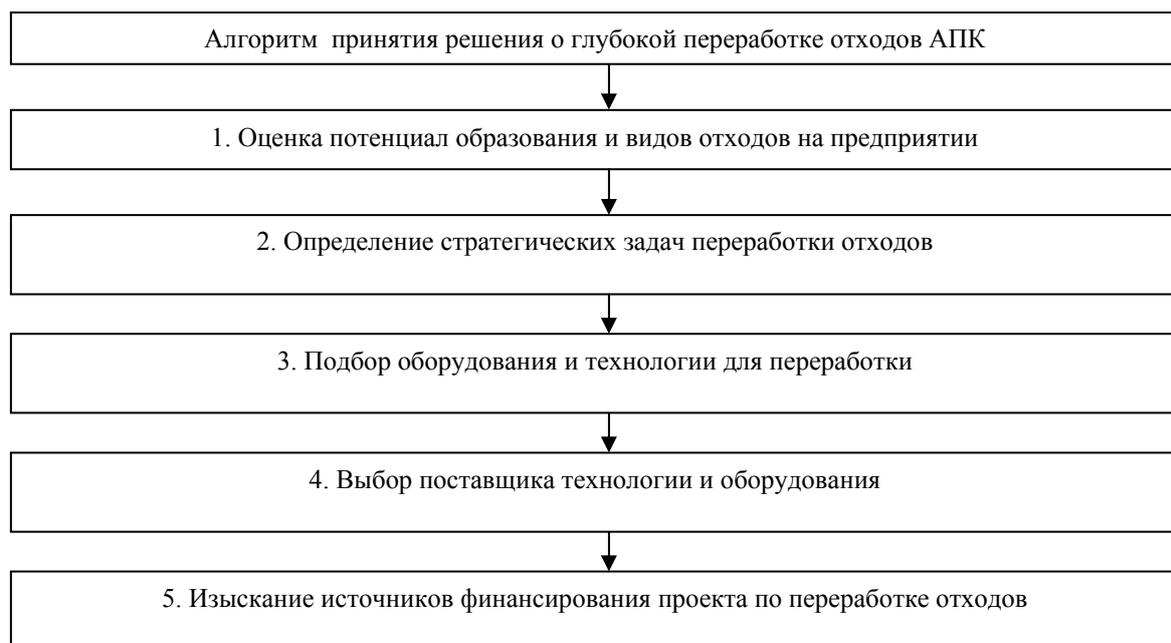


Рис. 1. Алгоритм принятия решения о глубокой переработке отходов АПК

- проработку инвестиционных возможностей, а также имеющихся и разрабатываемых научными коллективами инновационных технологий с целью более глубокой переработки сельскохозяйственного сырья;

- способы совмещения нескольких видов отходов при использовании (производстве новых композиций) их в качестве вторичных материальных ресурсов;

- разработку и внедрение в пищевую промышленность ресурсосберегающих и безотходных технологий;

- профессиональную подготовку специалистов и руководителей предприятия в области обращения с отходами.

Таким образом, предлагаемая система управления глубокой переработкой отходов в АПК должна быть устойчиво направлена на:

- рациональный выбор технологий, обеспечивающий выполнение всех поставленных задач;

- тщательную синхронизацию технологий в единый, хорошо функционирующий технологический поток;

- обеспечение стабильности каждой из сопряженных технологий как подсистемы комплекса;

- обеспечение целостности системы в целом и определение ее эффективности при решении поставленных задач.

Литература.

1. Баутин В.М., Шаталов М.А. Направления развития системы глубокой переработки отходов промышленно-производственных подсистем АПК // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. № 3 (12). С. 72-73.
2. Использование отходов перерабатывающих отраслей в животноводстве: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 96 с.
3. Вторичные сырьевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности АПК России и охрана окружающей среды: Справочник. Под общей ред. акад. РАСХН Е. И. Сизенко. М.: Пищепромиздат, 1999. - 468 с.
4. Маматалиева Ф.Т. Экологические проблемы кирпичного производства и пути их решения (на примере АО «Ош Ак-Таш») // Синергия. 2015. № 1. С. 79-84.
5. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Формирование системы глубокой переработки отходов промышленно-производственных подсистем АПК// Агротехника и энергообеспечение. 2015. № 3 (7). С. 185-190.
6. Шаталов М.А., Мычка С.Ю. Механизм управления бытовыми отходами в рамках системы экологически безопасных технологий утилизации // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. № 3 (12). С. 181.

ПРОБЛЕМЫ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.А. Павлов, аспирант

Московский государственный университет путей сообщения

127994, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9

E-mail: chief.nauk@yandex.ru

Эффективность агропромышленного производства во многом зависит от материально-технического обеспечения и производственного обслуживания сельских товаропроизводителей. Это очень важная проблема, так как более 80% тракторов, комбайнов и грузовых автомобилей абсолютного большинства сельскохозяйственных предприятий превысили нормативный срок амортизации и не могут больше эксплуатироваться. Старая техника постоянно нуждается в ремонте и поддержании работоспособности. Кроме того, многие машины устарели как морально, так и технически, их производственные характеристики не соответствуют современным требованиям и значительно отстают от зарубежных аналогов [3].

За годы реформирования сельского хозяйства была подорвана материально-техническая основа не только расширенного, но и простого воспроизводства сельскохозяйственной продукции. Поэтому, восстановление утраченного, а затем и наращивание технико-технологического потенциала села, введение в действие современных ресурсов и энергосберегающих технологий - задача первоочередной важности.

Высокая стоимость и неудовлетворительное качество многих видов материально-технических ресурсов и агропроизводственных услуг обусловлены не только макроэкономическими факторами, но и внутренними недостатками исторически сложившейся системы автотранспортного обеспечения и агросервисного обслуживания агропромышленного комплекса.

Следует вспомнить, что система ресурсного обеспечения и производственного обслуживания села, имевшая место в конце 80-х годов прошлого века отличалась высоким уровнем организации. Как в целом по стране, так и в Воронежской области был взят курс на максимальную специализацию и концентрацию производства во всех отраслях сельскохозяйственного производства, в т.ч. и в инфраструктурных.

Это позволило создать в каждом районном центре специализированные предприятия по материально-техническому, агрохимическому, транспортному и другим видам производственного и агросервисного обслуживания. Все они были оснащены современным технологическим оборудованием и укомплектованы квалифицированными специалистами.

К сожалению, за годы реформирования села имевшаяся база и положительный опыт материально-технического обеспечения и агросервисного обслуживания села был утрачен. Стали действовать деструктивные факторы, которые не только не облегчили, но и наоборот, осложнили решение этой задачи.

Регионы Центрального Черноземья в целом и Воронежская область в частности характеризуется интеграционной моделью развития регионального АПК. Данная модель предусматривает демополизацию сферы производственного агросервиса, усиления экономической интегрированности снабженческих и ремонтно-технических предприятий с сельскими товаропроизводителями. Такое организационно-правовое упорядочение связей, на основе концентрации финансовых и материальных ресурсов в рамках интегрированных формирований позволяет таким компаниям проводить целенаправленную и сбалансированную инвестиционную стратегию технического перевооружения как агросервисных предприятий, так и сельскохозяйственных товаропроизводителей, которые в большинстве своем являются ее акционерами. В результате чего достигается так называемый синергетический эффект, увеличивается прибыль, повышается уровень рентабельности финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Кроме того, это позволяет с одной стороны, препятствовать недобросовестной конкуренции на рынке ресурсов и услуг, а с другой - ограничить проявления монополизма в отношениях с сельскими товаропроизводителями [2; 4].

В ходе сотрудничества в системе агробизнеса, организации внутренних и внешних производственных связей и экономических отношений, стало возможным продолжить интеграцию агросервисных предприятий, обеспечить объединение перерабатывающих и торговых компаний в различные организационно-правовые формы.

Это в перспективе позволит обеспечить максимальную горизонтальную и вертикальную интегрированность предприятий регионального АПК, превратит его в целостную воспроизводственную систему с высокой степенью ориентации на сочетание экономических интересов всех участников воспроизводства, высокие конечные результаты совместной деятельности [1; 5].

В правовом и экономическом отношениях в рамках интегрированных структур значительно проще станет осуществлять техническое перевооружение, как сельскохозяйственных предприятий, так и их потенциальных партнеров в сфере агросервиса. В равной мере это относится к перерабатывающим предприятиям, входящим в систему оптовых продовольственных рынков. Благодаря чему, имеется возможность на основе общей стратегии технического перевооружения и воспроизводства производительных сил, единой инвестиционной базы обеспечить необходимые темпы и пропорции развития как собственных мощностей сельскохозяйственных предприятий, фермерских хозяйств, перерабатывающих предприятий, по ремонту техники, грузоперевозкам, агрохимическим работам, так и мощностей соответствующих специализированных предприятий.

Таким образом, открываются более благоприятные условия для проведения единой технической и экономической политики и стратегии развития системы автотранспортного обеспечения и сервисного обслуживания, усиления ее организационной, технологической и экономической интегрированности с сельскохозяйственными товаропроизводителями, а также с другими структурами элементами, занятыми в АПК.

Литература.

1. Блащенко Б.О., Шаталов М.А. Формирование стратегии повышения конкурентоспособности предприятий АПК // Научно-исследовательские публикации. 2016. № 11 (31). С. 66-70.

2. Мычка С.Ю., Шаталов М.А. Аутстаффинг в системе оптимизации бизнес-процессов организации // Территория науки. 2015. № 2. С. 121-124.
3. Овчинников В.Н., Ахохов М.Х. Рыночная стратегия материально-технического обеспечения регионального АПК. - Нальчик: изд. центр «Эль-Фа», 1994. -184 с.
4. Смольянинова И.В., Ахмедов А.Э. Обеспечение конкурентоспособности предприятий апк на основе инвестиций в инновационные изменения // Инновационное развитие - от Шумпетера до наших дней: экономика и образование. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. 2015. С. 380-382.
5. Шаталов М.А., Ахмедов А.Э. Современные формы интеграции сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий АПК // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2014. Т. 3. № 7. С. 562-564.

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ ГЕОХОДА ДВИЖИТЕЛЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОХОДЧЕСКИХ СИСТЕМ

*В.В. Аксенов, д.т.н. проф. *, с.н.с. *¹, И.К. Костинец *², директор,
В.Ю. Бегляков, ст. преп. *, м.н.с. *¹*

** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (384 51)6-05-37,*

**¹ Институт угля СО РАН, 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10, тел. (384 2)74-16-08*

**³ Филиал Кузбасского государственного технического университета, имени Т.Ф. Горбачева.
652644, Кемеровская обл., г. Белово, п.г.т. Инской, ул. Ильича, д. 32а, тел. (384 52)6-50-36
E-mail: begljakov@rambler.ru*

При механизированной проходке горных выработок наибольшее распространение получили комбайновый и щитовой способы [1, 2, 3]. В настоящее время получает развитие новый вид проходческого оборудования – геоходы [4, 5, 6]. Основной отличительной чертой геохода является способ взаимодействия с геосредой при формировании тягового и напорного усилий [7].

По определению, в машине именно движитель преобразует энергию двигателя, либо внешнего источника, через взаимодействие со средой, в полезную работу по перемещению [8, 9, 10]. Поэтому движитель – это одна из основных систем геохода, конструктивные особенности которой отличают геоход от других проходческих машин.

Принцип взаимодействия геоходов с геосредой позволяет вести проходку под любыми углами в непрерывном режиме, а универсальность по углам наклона выработки побуждает к снижению веса машины [11]. Это предъявляет специфические требования движителю геохода [12, 13]. Основные из которых: непрерывность действия, независимость от гравитации, снижение металлоемкости, большие тяговые и напорные усилия.

Для оценки применимости на геоходах существующих движителей проведем их классификацию по некоторым признакам.

Предлагается выделить следующие актуальные характерные признаки, по которым можно классифицировать движители:

- конструктивное исполнение;
- способ взаимодействия с геосредой;
- расположение относительно выработки;
- способ формирования усилия взаимодействия;
- ориентация усилий взаимодействия;
- режим работы.

По конструктивному исполнению различают: гусеничные, шагающие, распорно-шагающие, с упором в постоянную крепь и другие, применяемые на проходческих машинах. [14, 15, 16]. Известны также винтовые, лопастные, гребные и другие движители [17, 18, 19, 20].

По способу взаимодействия со средой (если исключить реактивные сопла) движители можно условно разделить на два основных типа [12]:

- 1) «движители первого типа» – работающие на границе раздела твердой и подвижной (жидкой, газообразной сыпучей и др.) сред;

2) «двигатели второго типа» – работающие «внутри» среды, т.е. окруженные средой и использующие физические свойства среды.

По расположению относительно выработки двигатели можно условно разделить на:

- 1) внутренние – расположенные в пределах (внутри) контура выработки;
- 2) внешние – расположенные за пределами контура выработки.

По способу формирования усилий взаимодействия двигатели можно условно разделить на:

- 1) использующие гравитацию (вес машины);
- 2) не использующие вес машины (гравитацию).

По ориентации усилий взаимодействия двигатели можно условно разделить на двигатели:

- 1) «продольные» – когда суммарный вектор сил взаимодействия направлен коллинеарно или с незначительным отклонением от направления движения и полезного усилия;
- 2) «поперечные» – когда суммарный вектор сил взаимодействия направлен перпендикулярно или с незначительным отклонением от перпендикулярности по отношению к направлению движения и полезного усилия.

По режиму работы двигатели можно условно разделить на:

- 1) непрерывного действия;
- 2) циклического действия;

Определяющим признаком является «конструктивное исполнение», именно этот признак в значительной мере определяет наличие остальных признаков двигателя.

Гусеничные двигатели

Гусеничные двигатели проходческих машин в основном представлены двухгусеничными тележками с многоопорными гусеницами (рис. 1). Применяются на комбайнах как непрерывного так и циклического действия.

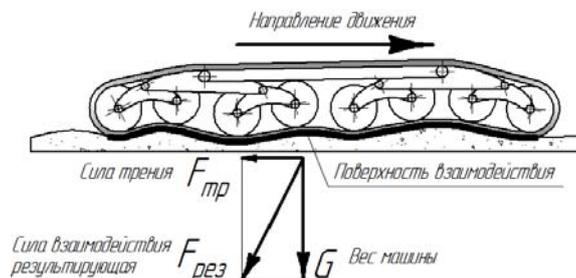


Рис. 1. Гусеничный двигатель (многоопорная гусеница)

Гусеничные двигатели работают на границе раздела твердой и газообразной сред, т.е. по признаку «способ взаимодействия со средой» относятся к первому типу.

Существующие гусеничные двигатели располагают внутри выработки, поэтому по признаку «расположение относительно выработки» они относятся к внутренним двигателям. В принципе можно представить гусеничный двигатель, работающий в законтурном канале, но, в силу значительных размеров гусеничных тележек, сечение таких законтурных каналов будет соизмеримо с сечением основной выработки.

Все серийные гусеничные тележки несут на себе вес машины, т.е. непосредственно используют гравитацию для формирования усилий взаимодействия. У гусеничных двигателей результирующий вектор сил складывается в основном из сил нормального взаимодействия – веса машины, нормальные силы направлены перпендикулярно к направлению движения, в результате нагрузки на механизмы ходового оборудования и на почву выработки значительно превышают развиваемые полезные усилия, что ведет к увеличению металлоемкости.

Применение гусеничных двигателей побуждает к наращиванию металлоемкости машины и накладывает ограничения по углам наклона проводимой выработки, что противоречит основным требованиям к двигателям геохождений.

Известны схемные решения гусеничных двигателей, работающих враспор (рис. 2), такие схемы исключают вес из формирования тягового усилия. Но, учитывая поперечную ориентацию усилий, должны развивать значительные распорные усилия, что приводит к наращиванию металлоемкости и ограничивает область применения по крепости пород. В этом случае гравитация будет играть отрицательную роль, и использование таких схем позволит исключить опрокидывание, но обеспечить

универсальность в части углов наклона проводимых выработок будет затруднительно. Поэтому гусеничные движители, работающие враспор, можно назвать условно применимыми на геосодах.

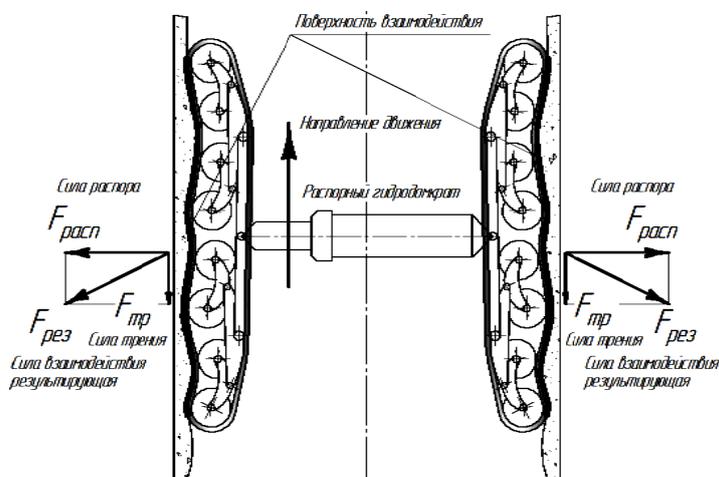


Рис. 2. Гусеничный движитель, работающий в распор стенок выработки

Шагающие движители

Все существующие шагающие движители проходческих (рис. 3) машин работают на границе раздела твердой и по признаку «способ взаимодействия со средой» относятся к первому типу.

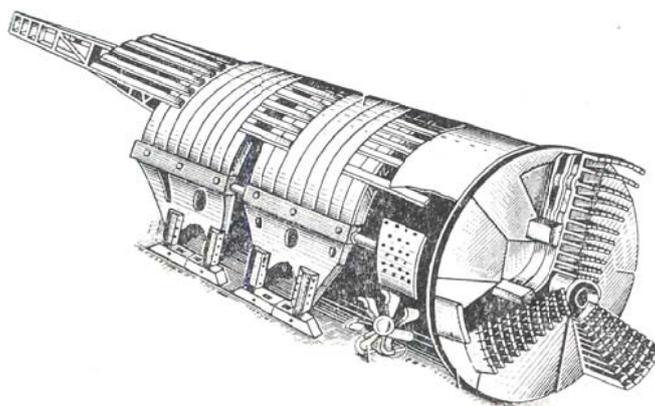


Рис. 3. Проходческий комбайн ШБМ-2 с шагающим ходовым оборудованием

Существующие шагающие движители работают внутри выработки, поэтому по признаку «расположение относительно выработки» они относятся к внутренним движителям.

Все серийные шагающие ходовые механизмы несут на себе вес машины, т.е. непосредственно используют гравитацию для формирования тяговых и напорных усилий. Поэтому, не смотря на то, что шагающее ходовое оборудование обычно легче гусеничного, применение шагающих движителей побуждает к наращиванию общей металлоемкости машины.

В принцип действия шагающих движителей заложена цикличность, но обычно в шагающем ходовом оборудовании используют несколько (2...4) шагающих движителей, совместная работа которых позволяет организовать непрерывное перемещение, поэтому по признаку «режим работы» они относятся к движителям непрерывного действия.

Существующие шагающие движители могут работать только в узком диапазоне углов наклона и побуждают к наращиванию металлоемкости машины, это противоречит основным требованиям к движителям геосоходов.

Для создания напорных усилий и перемещения щитов на забой наибольшее распространение получили распорно-шагающие ходовые механизмы (рис. 4), ходовое оборудование с упором в постоянную крепь (рис. 5) и гусеничное ходовое оборудование. Щитовые комплексы с гусеничным хо-

вым оборудованием обычно включают в себя проходческий комбайн на гусеничной ходовой тележке, работающий под защитой временной крепи щита.

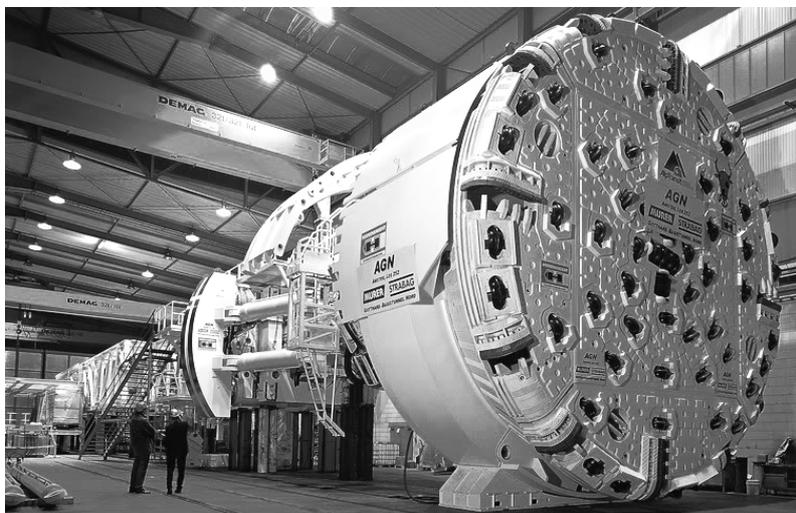


Рис. 4. Проходческий щит с распорно-шагающим ходовым оборудованием

Распорно-шагающие движители

Распорно-шагающее ходовое оборудование взаимодействует со геосредой через поверхность раздела, поэтому относится к движителям первого типа и формирует полезное усилие за счет сил трения; по расположению в выработке относится к внутренним движителям; не использует гравитацию, т.е. развиваемые усилия не зависят от веса машины и направления движения; по ориентации усилий относится к поперечным движителям, т.к. усилие распора является доминирующим и всегда направлено перпендикулярно движению; является ходовым оборудованием циклического действия.

Распорно-шагающее ходовое оборудование обладает универсальностью по углам наклона выработки, но работает циклично и предъявляет высокие требования к прочности боков выработки. Поэтому распорно-шагающее ходовое оборудование можно назвать условно применимыми на геодолах.

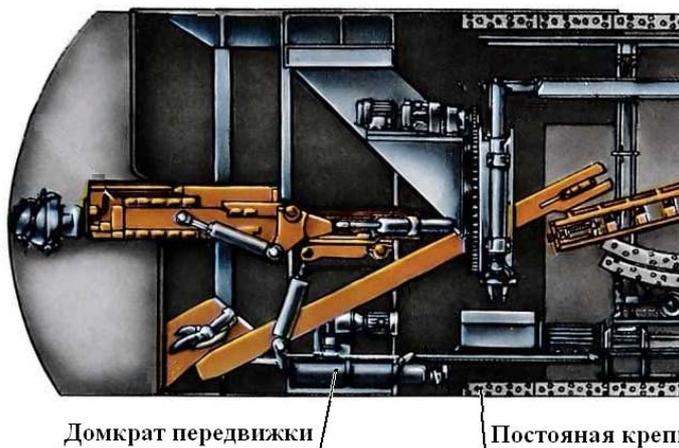


Рис. 5. Проходческий щит с ходовым оборудованием с упором в постоянную крепь

Ходовое оборудование с упором в постоянную крепь.

Ходовое оборудование, использующее упор в постоянную крепь, располагается внутри выработки, не использует гравитацию, по ориентации усилий относится к продольному, может работать только циклично. предъявляет особые требования к конструкции крепи, имеет весьма ограниченную область применения, это связано с невозможностью работы отдельно от крепи. Его можно отнести к условно применимому на геодолах.

Движители второго типа.

Винтовые, лопастные, гребные и т.п. движители обычно применяются в жидких, газообразных и сыпучих средах и не применяются для проходческой техники. Но система движитель-среда по сути является кинематической парой, а большинство кинематических передач (винт-гайка, червячные, зубчатые) работают по принципу движителя второго типа. Но это не исключает возможности их применения на геоходах.

По способу взаимодействия со средой эти движители относятся ко второму типу, т.е. работают в среде, а не на границе раздела.

Применение винтовых и лопастных движителей в твердой среде (геосреде) предполагает проникновение в геосреду, т.е. выход за контур выработки либо опережение забоя, поэтому их надо отнести к внешним движителям.

При работе движители второго типа не используют гравитацию, а ориентации усилий взаимодействия являются продольными (рис. 6). Поэтому применение внешних движителей второго типа побуждает и позволяет снижать металлоемкость машины. Так же движители второго типа обеспечивают непрерывный режим работы.

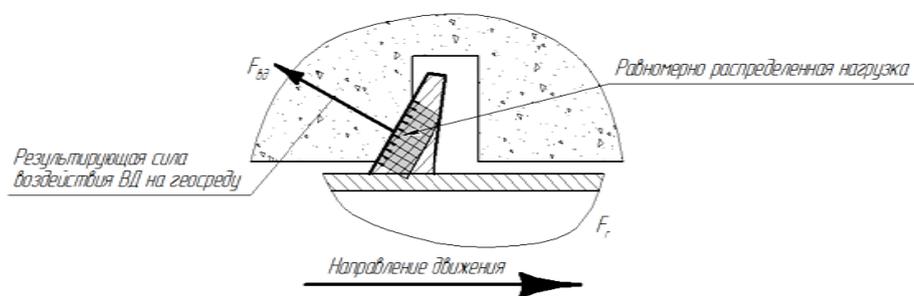


Рис. 6

Из чего можно сделать вывод, что именно движители второго типа удовлетворяют всем основным требованиям, предъявляемым к движителям геоходов.

Литература:

1. Сафохин М.С. Горные машины и оборудование: учеб. для вузов / М.С. Сафохин, Б.А. Александров, В.И. Нестеров. – М.: Недра, 1995. – 463 с.
2. Яцких В. Г., Спектор Л. А., Кучерявый А. Г. Горные машины и комплексы //М.: Недра. – 1984. – Т. 1.
3. Солод В. И., Гетопанов В. Н., Рачек В. М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: Учебник для вузов. – Недра, 1982.
4. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Тимофеев В.Ю., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю. Проходческий щитовой агрегат (геоход)//Патент России № 2418950. 2011. Бюл. № 14.
5. Патент на полезную модель № 112269 RU/Проходческий щитовой агрегат/В.В. Аксенов, А.Б. Ефременков, М.Ю. Блащук, В.Ю. Бегляков, Б.Ф. Лелюх, Опубликовано 10.01.2012 Бюл, №1.
6. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Капустин А.Н. Анализ несущих конструкций (корпусов) известных технических систем применимых в качестве корпуса (носителя) геохода//Вестник Кузбасского государственного технического университета. -2014. -№ 6. (106) -С. 34-36.
7. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Бурков П.В., Блащук М.Ю., Сапожкова А.В.. Компонентные решения машин проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 1. С. 251-259.
8. Дорожно-строительные машины и комплексы: учебник / под ред. В.И. Баловнева. – Омск: Омский дом печати, 2001. – 525с.
9. Антонов А. С., Запрягаев М. М., Хавханов В. П. Армейские гусеничные машины. Часть I. Теория //М.: Воениздат. – 1973.
10. Подэрни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров. – М. : Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2003.
11. Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю., Ефременков А.Б. Моделирование особенностей движения геохода с ножевым исполнительным органом//Актуальные проблемы современного машиностроения:

- сборник трудов Международной научно-практической конференции/Юргинский технологический институт. -Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. -С. 86-89.
12. Аксенов В.В., Костинец И.К., Бегляков В.Ю. Особенности работы внешнего движителя геолода//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S6. С. 419-425.
 13. Аксенов В.В., Костинец И.К., Бегляков В.Ю. Обоснование необходимости создания внешнего движителя геолода для проведения аварийно-спасательных выработок//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S6. С. 110-114.
 14. Бреннер В. А. и др. Щитовые проходческие комплексы //М.: Изд-во «Горная книга», Изд-во Моск. гос. горного ун-та. – 2009. – 447 С.: ил.
 15. Клорикьян В. Х., Ходош В. А. Горнопроходческие щиты и комплексы //М.:«Недра. – 1977.
 16. Самойлов В. П., Малицкий В. С. Новейшая японская техника щитовой проходки тоннелей. – М. : Империиум Пресс, 2004.
 17. Скоренко Т. Ввинчиваясь в грязь // Популярная механика. – 2011. – № 5 (103). – С. 56—59.
 18. Антоненко С. В. Судовые движители. Учебное пособие. – " Издательство"" Проспект""", 2015.
 19. Остроухов С. Аэродинамика воздушных винтов и винтокольцевых движителей. – Litres, 2016.
 20. Батрак Ю. А., Истомина С. В., Шестопал В. П. Определение гидродинамических нагрузок на винте в системе проектирования валопроводов ShaftDesigner.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю.А. Темпель¹, магистрант, О.А. Темпель¹, магистрант, Н.И. Малышкина², начальник ПТЛ

¹Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

²Производственно-технологическая лаборатория ООО «Заводоуковский элеватор», г. Заводоуковск 625000, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

E-mail: Tempeljulia@mail.ru

Управление качеством является одним из приоритетных направлений деятельности любого конкурентоспособного предприятия.

Основу современной теории управления качеством составляют статистические методы [1]. Обуславливается это тем, что контроль и управление технологическим процессом должны обеспечивать высокое качество продукции заданным выходным параметрам, выполнение данной задачи возможно только за счет систематического сбора и статистического анализа информации о параметрах процесса на всех этапах жизненного цикла продукта.

Управление качеством на зерноперерабатывающих предприятиях предусматривает сбор, обработку и оценку информации о параметрах зерна для определения его уровня качества, пригодности к назначению и возможности дальнейшей переработки. Необходимость данных мероприятий отражена в ГОСТе 15467-79: «Управление качеством продукции — установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве и эксплуатации или потреблении, осуществляемое путем систематического контроля качества и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции» [2]. А исследование условий и факторов, влияющих на качество продукта возможно за счет статистического анализа, основанного на обработке полученной информации о фактическом состоянии объекта управления и его оценки с целью оперативного реагирования на причины несоответствий, в случае появления таковых, и совершенствование технологического процесса для их предотвращения.

Как правило, в статистике используются, так называемые, «семь инструментов контроля качества», которые объединяют следующие методы: причинно-следственную диаграмму; диаграмму разброса; расслоение; графики; контрольные карты; гистограмму; диаграмму Парето [3].

Рассмотрим процесс управления с помощью диаграммы разброса, гистограммы и контрольных карт на примере технологического процесса производства зерна пшеницы.

Целью работы являлся статистический анализ процесса производства зерна пшеницы. Источником информации послужили результаты лабораторных исследований показателей качества рассматриваемого объекта, проводимых на базе ООО «Заводоуковский элеватор» в производственно-технологической лаборатории за 2014 год. Контроль качества данной культуры производится в соответствии с установленными стандартами и методиками по 12 показателям, для исследования были

выбраны следующие два показателя: число падения (ЧП) и влажность, в большей степени, влияющие на выходные хлебопекарные характеристики муки и длительность хранения зерновой культуры. Исследованию подверглись 26 проб, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования показателей качества зерна пшеницы за 2014 год

№ пробы	Вес навески, г	Влажность навески, %	Число падения, с	№ пробы	Вес навески, г	Влажность навески, %	Число падения, с
1	7,0	14,8	105	14	6,7	12	292
2	6,9	14	155	15	6,7	11,8	310
3	6,85	13,6	172	16	7,0	14,7	102
4	6,8	13,1	204	17	6,9	14	181
5	6,8	13	206	18	6,9	14	196
6	6,8	13,1	206	19	6,8	13,1	209
7	6,8	12,9	208	20	6,8	13,3	230
8	6,8	12,7	241	21	6,8	13,2	238
9	6,8	12,7	254	22	6,8	12,8	262
10	6,75	12,5	260	23	6,75	12,6	271
11	6,7	12,2	274	24	6,8	12,8	271
12	6,7	12,2	279	25	6,75	12,5	220
13	6,7	12,1	287	26	6,8	13,3	235
Расчетные показатели							
Максимальное значение					7,0	14,8	310
Минимальное значение					6,9	11,8	102
Среднее арифметическое значение					6,8	13	226
Стандартное отклонение					0,08	0,78	53

В таблице 1 представлены результаты первого этапа статистического анализа, который включал в себя выбор объекта исследования, изучение нормативной документации [4-7] и сбор информации, полученной лабораторными экспериментами.

Поскольку, в большей степени, на выходные характеристики продуктов переработки зерна влияет показатель «Число падения», так как от него зависят хлебопекарные свойства муки, то второй этап заключался в предварительной оценке дифференциального закона распределения изучаемой величины (число падения), однородности экспериментальных данных, сравнения разброса данных с допустимыми и точности процесса. Инструментом качества, позволяющим наглядно представить характер распределения величин в выборке [8], является гистограмма. Гистограмма распределения значений числа падения отобранных проб зерна представлена на рисунке 1.

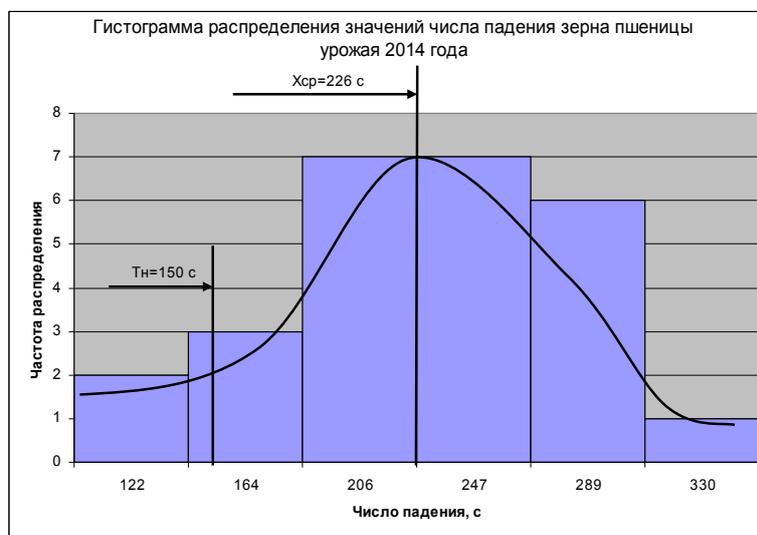


Рис. 1. Гистограмма распределения значений числа падения зерна пшеницы урожая 2014 года

Анализ гистограммы исследуемого параметра показал, что данные подчиняются нормальному закону распределения, но имеется небольшое отклонение от нормы примерно в 7% отобранных проб зерна пшеницы, предназначенной для потребительских целей.

В целом полученная гистограмма свидетельствует о незначительном разбросе полученных величин и небольшой вариабельности данных, то есть о стабильности технологического процесса производства зерновых культур и точности результатов при контроле анализируемого параметра.

На третьем этапе была выявлена зависимость исследуемых параметров с помощью диаграммы разброса (см. рис. 2). Данный вид элементарных статистических методов позволяет без математической обработки экспериментальных данных о значениях двух рассматриваемых показателей качества на основе графического представления этих данных оценить характер и тесноту связи между ними [8], что позволяет контролировать ход процесса и управлять им.

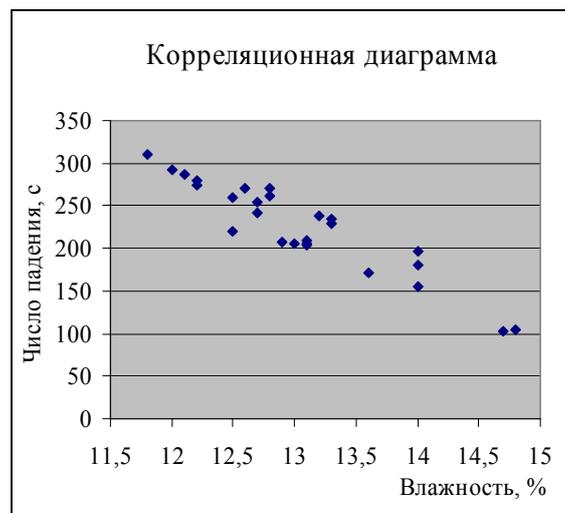


Рис. 2. Диаграмма разброса $ЧП_3 = f(V_3)$ при исследовании показателей качества зерна пшеницы; $ЧП_3$ – число падения зерна; V – влажность зерна

На рисунке 2 наглядно наблюдается обратная зависимость (отрицательная корреляция) показателя числа падений от влажности зерна пшеницы (с возрастанием V_3 уменьшается $ЧП_3$), то есть, если влажность остается в пределах контролируемой нормы, то число падения будет стабильной величиной при условии выполнения других требований технологического процесса. Коэффициент корреляции составил $-0,93$, что близко к -1 и существенно отличается от 0 , это свидетельствует о достоверной линейной зависимости исследуемых показателей.

Для определения статистической управляемости процесса следующим шагом анализа являлось построение контрольной карты средних значений числа падения зерна (см. рис.3), позволяющей обнаружить отклонения фактических значений от стандартных, целевых и среднего значений.

По контрольной карте, представленной на рисунке 3, можно сделать следующие выводы.

Зерно может быть использовано на потребительские цели в случае, если его влажность составляет не более 14% и число падения – не менее 150 с. Причем, продукты переработки из зерна с числом падения не менее 150 с. получают стандартного качества. Верхний предел ЧП стандартом не регламентируется. Но отечественный опыт технологий хлебопечения свидетельствует, что высокое значение ЧП, как и низкое, оказывает негативное воздействие на хлебопекарные свойства продуктов переработки зерна, поскольку активность фермента амилазы повышается, а активность собственных ферментов в муке понижается, и, как следствие, понижается возможность брожения и формирования оптимальных для дальнейшей обработки теста свойств (пластичность, эластичность). Многочисленными экспериментами [9] доказано, что увеличение объема выхода готового продукта (хлеба) увеличивается и он получается высокого качества в случае числа падения от 230 до 330 с.

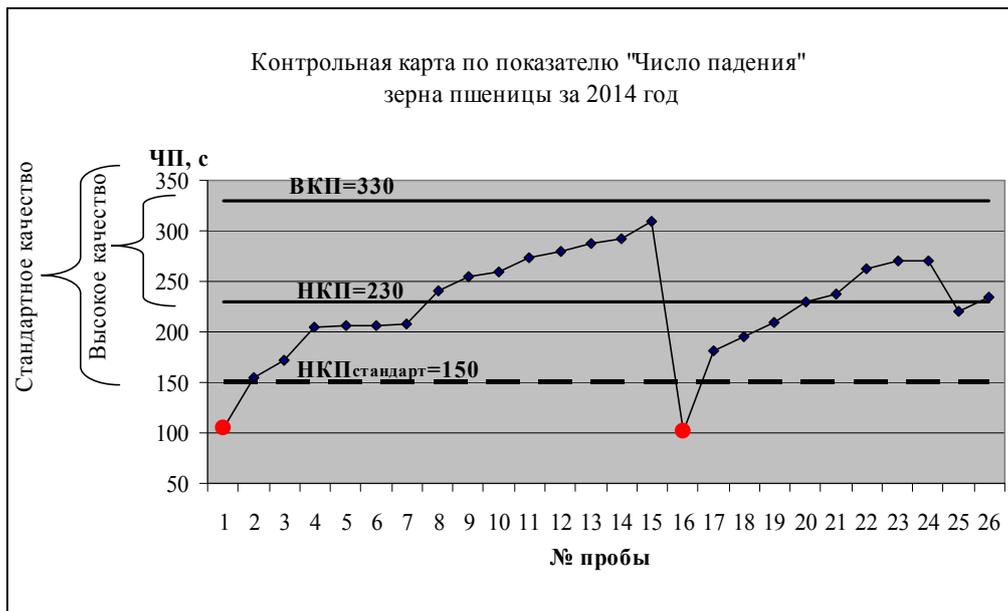


Рис. 3. Контрольная карта по показателю «Число падения» зерна пшеницы за 2014 год

Анализ карты показал, что из всей выборки 24 образца находятся в пределах стандартного качества, 13 – обладают показателями качества, характеризующими высокие требования к качеству муки, а две пробы выходят за установленные стандартом нормы, поэтому данная партия продукции не может использоваться в потребительских целях, но может быть применена для кормового назначения. Такие результаты показывают высокий уровень качества рассматриваемой зерновой культуры и относительную стабильность процесса.

Несоответствие зерна требованиям по потребительскому применению может говорить о разных причинах, например внешних (нерегулируемых) таких как погодно-климатические условия, а также и внутренних (регулируемых), среди которых несовершенство технологий подготовки зерна к длительному хранению, нерациональные режимы сушки зерна, недостаточный контроль на этапе приемке объекта исследования, неисправность зерносушильной техники или несвоевременная ее очистка, низкая точность контрольного оборудования и другие. Для выявления наиболее конкретного перечня причин лучше всего использовать причинно-следственную диаграмму, позволяющую проанализировать и установить факторы и условия, оказывающие влияние на качественные показатели продукции [10] с целью формирования оперативного и оптимального управленческого решения на выявленную проблему.

Таким образом, статистические методы управления качеством технологическим процессом производства зерна являются эффективным инструментом, позволяющим оценить условия протекания процесса и контролировать уровень качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла. В случае отклонения от управляемых условий оперативно внести коррективы и обеспечить стабильность процесса. Кроме того, применение статистических методов позволяет реализовать один из принципов менеджмента качества, в соответствии со стандартом ИСО 9000-2015, принятие решений, основанных на свидетельствах. При этом решаются такие задачи как планирование, получение и обработка информации, ее использование при анализе и формировании управленческого решения, а также прогнозирование возможного состояния технологического процесса и уровня качества продукции.

Литература.

1. Благовещенская М.М. Модель управления качеством технологических процессов зерноперерабатывающих и мельничных предприятий / М.М. Благовещенская, А.Э. Козловская, Л.А. Крылова // Вестник ВГУИТ. – 2014. – №4 – с. 75-80.

2. Шейхов М.А. О применении статистических методов в контроле и управлении качеством продукции / М.А. Шейхов, Р.Д. Устарханова // Вопросы структуризации экономики – Махачкала, 2007. – №3 – с. 46-48.
3. Кострикина И.А. Статистические методы в управлении технологическим процессом / И.А. Кострикина, Т.А. Миклина // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» – 2009. – Том 2 – с. 195-197.
4. ГОСТ 13586.3-83. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. – Взамен ГОСТ 10839-64; введ. 1984-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – с. 15.
5. ГОСТ Р 52554-2006. Пшеница. Технические условия. – Введ. 2007-07-01. – Москва, Стандартинформ, 2006. – с. 13.
6. ГОСТ 13586.5-93. Зерно. Метод определения влажности. – Взамен ГОСТ 13586.5-85; введ. 1995-01-01. – Москва, Стандартинформ, 2009. – с. 10.
7. ГОСТ 27676-88 Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения. – Введ. 1990-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – с. 7.
8. Кане М.М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2008. – с. 580.
9. Число падения и его значение в торговле пшеницей [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http:// www.fczerma.ru](http://www.fczerma.ru).
10. Колесникова Т.Г. Статистические методы контроля качества продукции в системе управления качеством / Т.Г. Колесникова, Л.В. Леонидов // Инновационные технологии управления и права. – 2014. – №3(10) – с. 17-21.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ОБРУШАЮЩЕЙСЯ КРОВЛИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ПРИ СОПРОТИВЛЕНИИ КРЕПИ В ВИДЕ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛЫ

Г.Д. Буялич^{1,2,a}, К.Г. Буялич^{1,b}, В.Ю. Умрихина^{1,c}

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, Россия, тел. +7 (3842) 39-69-40

² Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. +7 (38451) 6-05-37
E-mail: ^agdb@kuzstu.ru, ^bkonstantin42@mail.ru, ^cUmrevgen@yandex.ru

Динамическое воздействие кровли на элементы механизированной крепи вызывает их поломку вследствие неправильной технологии изготовления [1–3], раздутия рабочих цилиндров гидростоек как по причине их конструктивных особенностей [2–5], так и по причине большой скорости протекания процесса сдвижения [6–8], что неизбежно ведёт к неправильной работе уплотнений и потере их герметичности [9–11]. Величина и интенсивность вторичных осадков кровли зависит от сопротивления крепи и распределения его по ширине рабочего пространства [6–8, 12–14].

При этом частота колебаний обрушающегося породного блока может совпасть с частотой собственных колебаний металлоконструкции крепи, в результате чего возникает явление резонанса, которое может привести к её разрушению при внешних нагрузках, не превышающих номинальное рабочее сопротивление.

Для исследования колебательного процесса блока кровли при внезапном (хрупком) обрушении пород была принята следующая гипотеза: в процессе отработки угольного пласта блок кровли деформируется под действием собственного веса, равномерно распределённой нагрузки со стороны вышележащих пород (пригрузки) и сосредоточенной силы, численно равной номинальному рабочему сопротивлению крепи и расположенной от забоя на расстоянии, равном расстоянию от забоя до результирующей силы от крепи.

При этом один конец балки над забоем защемлён, другой конец со стороны выработанного пространства – свободно висит. Эта схема изображена на рис. 1. Максимальные перемещения у балки для данной схемы – на свободном конце, а максимальные напряжения – в заделке.

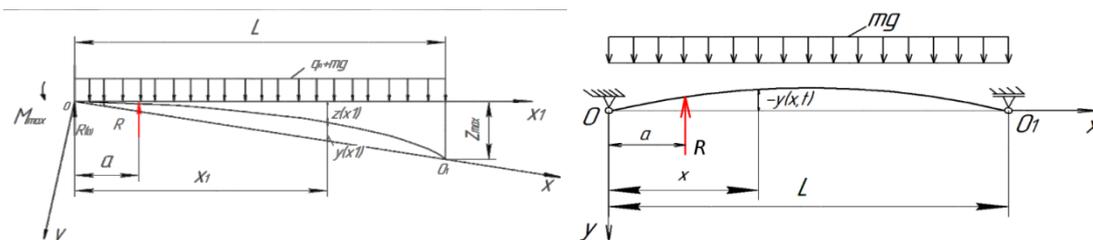


Рис. 1. Расчётная схема нагружения блока (кровли) до и после его хрупкого разрушения

При достижении напряжений в заделке балки допустимых происходит хрупкое разрушение пород кровли (происходит вторичная осадка кровли), заделка мгновенно разрушается, в результате чего балка стремится выпрямиться и накопленная потенциальная энергия деформированной балки переходит в кинетическую энергию колебательного процесса.

Величина кинетической энергии пропорциональна геометрическим размерам блока, массе его пород, величине деформаций до разрушения и приложенных сил.

Расчётная схема после разрушения заделки становится двухопорной.

На схемах изображена равномерная пригрузка со стороны вышележащих пород и прогибы y , соответствующие деформированному блоку в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению. Со стороны крепи на блок действует сосредоточенная сила, соответствующая номинальному сопротивлению крепи.

Обозначения на схемах (рис. 1):

R – усилие крепи в виде сосредоточенной силы, равной номинальному рабочему сопротивлению;

a – расстояние от забоя до равнодействующей от усилий со стороны крепи (сосредоточенной силы);

q_n – величина пригрузки со стороны вышележащих пород;

mg – величина пригрузки от собственного веса блока;

g – ускорение свободного падения;

m – распределённая масса блока кровли;

M_{max} – максимальный изгибающий момент в заделке в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

$R_{(0)}$ – реакция в заделке в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

L – длина блока кровли;

z_{max} – максимальный прогиб блока кровли в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли в координатах z - $x1$;

$x1$ – направление оси для определения прогибов блока кровли в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

y и x – направление осей для определения параметров колебаний блока кровли в момент времени, после хрупкого разрушения пород кровли.

Колебания блока кровли после хрупкого разрушения пород можно описать неоднородным дифференциальным уравнением в частных производных четвёртого порядка

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{E_0 J}{m} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = g$$

где $\partial^2 y / \partial t^2$ – вторая производная прогиба блока кровли по времени;

J – момент инерции поперечного сечения блока;

E_0 – модуль упругости первого рода пород кровли;

$\partial^4 y / \partial x^4$ – четвёртая производная прогиба блока кровли по его длине.

Начальным условием для численного решения данного дифференциального уравнения является уравнение прогиба балки в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли (рис. 1)

$$y(x, 0) = \begin{cases} \left(\frac{x}{24E_0J}\right) \cdot [(q_n + mg)(6L^2x - 4Lx^2 + x^3 - 3L^3) + 2Rx(x - 3a)], & \text{при } x < a, \\ \left(\frac{x}{24E_0J}\right) \cdot [(q_n + mg)(6L^2x - 4Lx^2 + x^3 - 3L^3)], & \text{при } x \geq a. \end{cases}$$

Граничными условиями при решении приведённого дифференциального уравнения будут равенство нулю прогибов и изгибающих моментов в шарнирных опорах балки (блока кровли) в соответствии с Рис. 1:

$$\begin{aligned} y(0, t) &= 0, \\ y(L, t) &= 0, \\ \frac{\partial^2 y(0, t)}{\partial x^2} &= 0, \\ \frac{\partial^2 y(L, t)}{\partial x^2} &= 0 \end{aligned}$$

Принятие реакции крепи в виде сосредоточенной силы упрощает решение данного дифференциального уравнения, описывающего колебательный процесс обрушения кровли, и позволяет в первом приближении оценить параметры колебания блока (частоту, амплитуду и скорость сдвижения) при вторичных осадках.

В результате численного решения данного дифференциального уравнения были получены зависимости амплитуд и форм колебаний блока кровли после его хрупкого разрушения в зависимости от физико-механических свойств пород, параметров кровли и параметров крепи (рис. 2–4), из которых видно, что максимальное значение амплитуды колебания блока находится в месте приложения усилия крепи R.

Кроме того, увеличение номинального рабочего сопротивления крепи R и расстояния от забоя до места расположения равнодействующей реакции крепи a вызывает увеличение амплитуды и скорости сдвижения кровли. Увеличение же удельного веса пород кровли уменьшает амплитуду и скорость сдвижения кровли, вследствие увеличения инерционных сил.

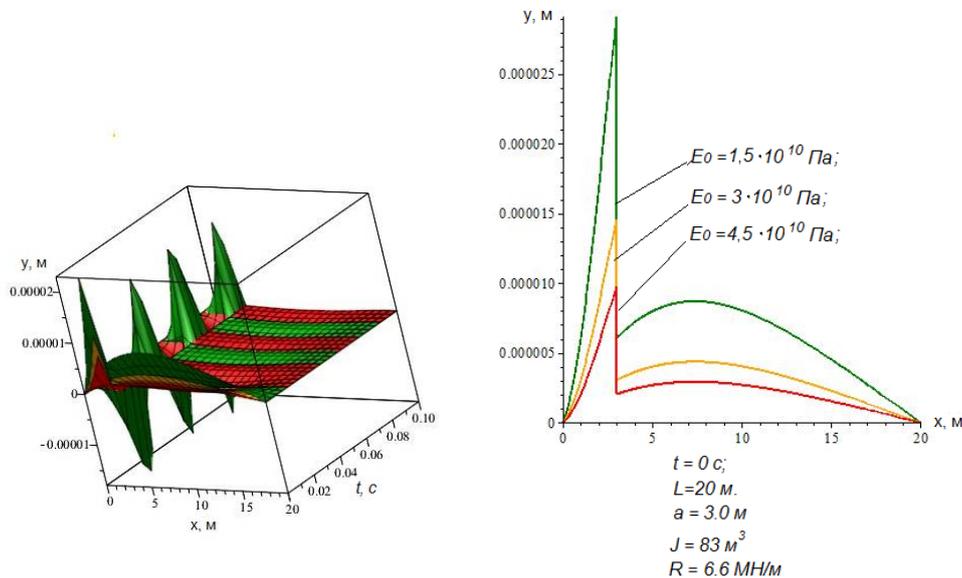


Рис. 2. Изменение амплитуды колебания кровли (y) по времени (t) и длине блока (x) в зависимости от модуля упругости пород кровли (E_0) при номинальном рабочем сопротивлении крепи $R = 6.6$ МН/м, моменте инерции поперечного сечения блока $J = 83$ м³, длине блока $L = 20$ м и расстоянии от забоя до реакции крепи $a = 3.0$ м

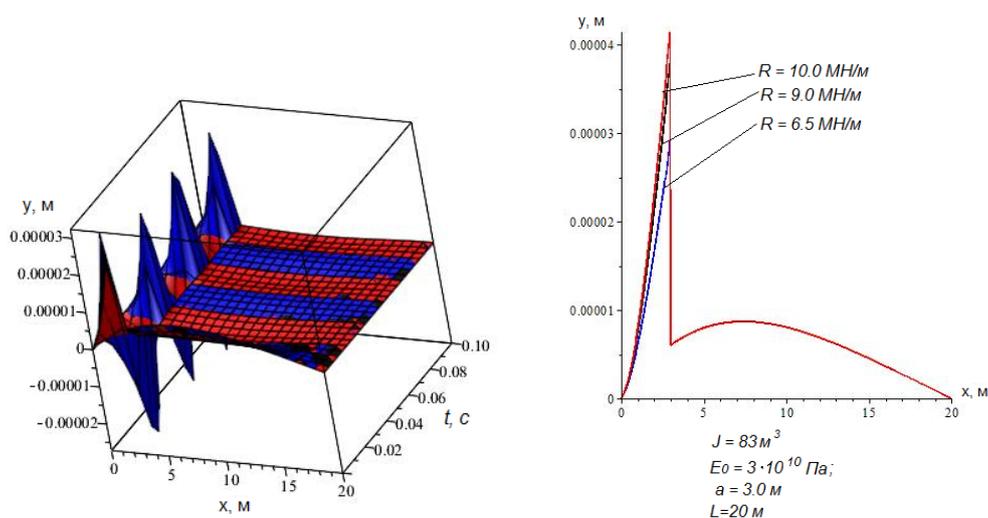


Рис. 3. Изменение амплитуды колебания кровли (y) по времени (t) и длине блока (x) в зависимости от номинального рабочего сопротивления крепи R при модуле упругости пород кровли $E_0 = 3 \cdot 10^{10}$ Па, моменте инерции поперечного сечения блока $J = 83 \text{ м}^3$, длине блока $L = 20 \text{ м}$ и расстоянии от забоя до реакции крепи $a = 3.0 \text{ м}$

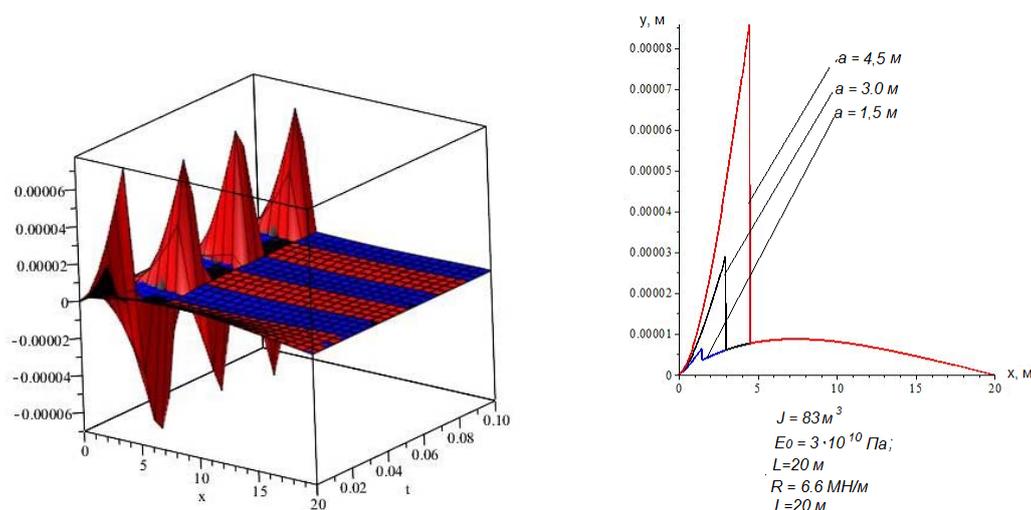


Рис. 4. Изменение амплитуды колебания кровли (y) по времени (t) и длине блока (x) в зависимости от расстояния от забоя до реакции крепи a при номинальном рабочем сопротивлении крепи $R = 6.6 \text{ MN/m}$, модуле упругости пород кровли $E_0 = 3 \cdot 10^{10}$ Па, моменте инерции поперечного сечения блока $J = 83 \text{ м}^3$, длине блока $L = 20 \text{ м}$

Параметры колебания блока кровли при вторичных осадках кровли определяются физико-механическими свойствами пород (удельная масса m , модуль упругости E_0), размерами блока кровли (длина L , мощность h), а также силовыми (номинальное рабочее сопротивление R) и геометрическими параметрами крепи (расстояние от забоя до точки приложения равнодействующей от реакции крепи a).

Значения параметров колебаний кровли для реакции крепи в виде сосредоточенной силы варьируются в следующих пределах:

- максимальная амплитуда в месте приложения реакции крепи $A = 0,00001-0,00008 \text{ м}$;
- частота колебаний $f = 25-100 \text{ Гц}$;
- скорость сдвижения кровли в месте расположения реакции крепи $V = 0,002-0,008 \text{ м/с}$.

Литература.

1. Коган, Б. И. Технологическое обеспечение надежности цилиндров гидростоек механизированных крепей / Коган Б. И., Буялич Г. Д., Буялич К. Г. // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2012. – № 10. – С. 29–31.

2. Буялич, К. Г. Оценка параметров герметичности гидростоек механизированных крепей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06. – Кемерово, 2012. – 18 с.
3. Анализ концентраторов напряжений и усовершенствование конструкции гидростоек / Бурков П. В., Воробьев А. В., Анучин А. В., Бурков В. П. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 172–183.
4. Буялич, Г. Д. Определение деформаций рабочего цилиндра шахтной гидростойки / Г. Д. Буялич, В. В. Воеводин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2000. – № 6. – С. 70–71.
5. Буялич, Г. Д. Формы разделки кромок дна и цилиндра гидростоек механизированных крепей / Г. Д. Буялич, А. В. Анучин // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 7–10 окт. 2014 г. [Электронный ресурс] – Кемерово : СО РАН, КемНЦ СО РАН, ИУ СО РАН, Кузбас. гос. техн. ун-т, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска. – ISBN 978-5-902305-42-2. – С. 114–115.
6. Расширение технологических возможностей механизированных крепей / Александров Б. А., Коршунов А. Н., Шундулиди А. И., Буялич Г. Д., Леконцев Ю. М., Антонов Ю. А. – Кемерово : Изд-во Томского ун-та, Кузбассвузиздат, 1991. – 372 с.
7. Контактное и силовое взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами / Александров Б. А., Буялич Г. Д., Антонов Ю. А., Шейкин В. И. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. – 130 с.
8. Качество взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами / Александров Б. А., Антонов Ю. А., Буялич Г. Д., Буялич К. Г., Шейкин В. И. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2009. – 121 с.
9. Буялич, Г. Д. Анализ работы уплотнений гидростоек механизированных крепей / Буялич Г. Д., Буялич К. Г. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 238–248.
10. Buyalich, G. D. Modeling of Hydraulic Power Cylinder Seal Assembly Operation / Buyalich G. D., Buyalich K. G. // Mining 2014 : Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control: Chinese Coal in the Century: Mining, Green and Safety, China, Qingdao, 17–20 October 2014. – Amsterdam, Paris, Beijing. Atlantis Press, 2014. – Pp. 167–170.
11. Comparative Analysis of the Lip Seal in Hydraulic Power Cylinder / Buyalich G.D., Buyalich K.G. // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol 770, – pp: 402-406. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.770.402.
12. Буялич, Г. Д. Инновационный подход к вопросам монтажа и эксплуатации секции механизированной крепи / Буялич Г. Д., Тарасов В. М., Тарасова Н. И. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2013. – № 1.1. – С. 115–126.
13. Буялич, Г. Д. О направлении снижения напряженно-деформированного состояния призабойной зоны угольного пласта / Буялич Г. Д., Антонов Ю. А., Шейкин В. И. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 198–202.
14. Особенности взаимодействия с кровлей механизированных крепей третьего поколения / Александров Б. А., Журавлёв Р. П., Антонов Ю. А., Буялич Г. Д. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2003. – № 5. – С. 43–47.

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОСТОЕК В СОСТАВЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

Г.Д. Буялич^{1,2,a}, С.В. Увакин^{1,b}

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, Россия, тел. +7 (3842) 39-69-40

² Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, Россия, тел. +7 (38451) 6-05-37
E-mail: ^agdb@kuzstu.ru, ^bnoxious313@gmail.com

Механизированные крепи, работающие в очистных забоях угольных шахт, подвергаются различным видам нагрузок [1–3], в том числе колебательного характера [4–7]. При совпадении частот действующих на крепь нагрузок и частот собственных колебаний механизированной крепи возможно возникновение явления резонанса.

Для исключения возникновения этого явления необходимо проводить модальный анализ. Для этого в Autodesk Inventor была подготовлена модель крепи М138.

Механизированную крепь М138 можно разделить на следующие части: два основания, два задних рычага, два передних рычага, ограждение, перекрытие, консоль и четыре гидростойки. Между собой элементы соединяются осями с отверстием под шплинт. Гидростойки упираются дном в специальное сферическое «гнездо» в основании, а штоком – в сферическое «гнездо» в перекрытии [8]. Для упрощения расчета мелкие детали, такие как замки осей, были удалены.

Для задания взаимодействия механизированной крепи с почвой и кровлей были созданы два блока, расположенные под основаниями и над перекрытием с козырьком. К блокам приложено условие «неподвижной опоры». Между элементами секции заданы контактные пары. К рабочим полосам гидроцилиндров приложено давление 50 МПа. Сетка конечных элементов задана по умолчанию [9]. Общий вид модели представлен на рисунке 1.

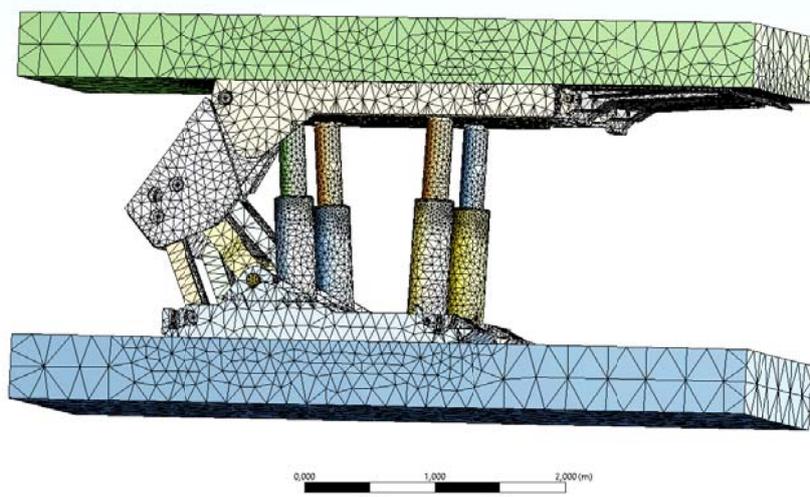


Рис. 1. Общий вид модели механизированной крепи

Для изучения влияние раздвижности крепи на частоты собственных колебаний создаётся три модели: крепь сдвинута – положение 0, крепь раздвинута на половину – положение 0,5, максимальная раздвижность – положение 1.

Так как гидростойки механизированной крепи являются элементом, воспринимающим большую часть нагрузок, то наибольший интерес представляют их частоты собственных колебаний. После проведения модального анализа с каждой модели были взяты 15 частот, на которых есть вибрации гидростоек. Общий вид моделей после проведения модального анализа представлен на рисунках 2–4.

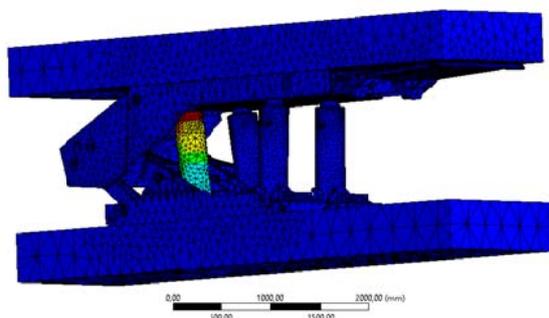


Рис. 2. Модальный анализ крепи в положении 0

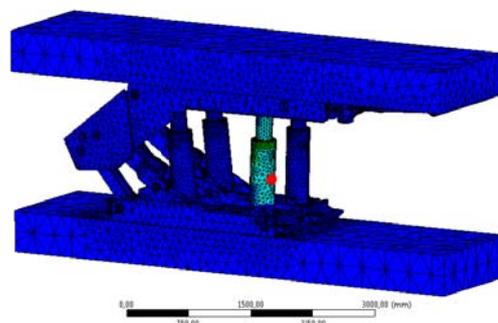


Рис. 3. Модальный анализ крепи в положении 0,5

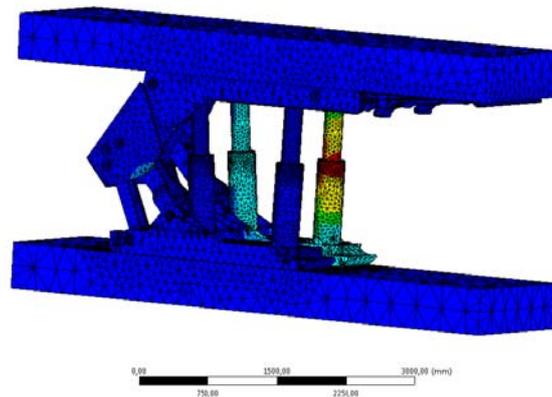


Рис. 4. Модальный анализ крепи в положении 1

Модальный анализ показал, что частоты собственных колебаний гидростоек всех моделей находятся на одних и тех же модах. Также есть моды, на которых наблюдаются колебания нескольких стоек.

На рисунке 5 представлена диаграмма частот собственных колебаний гидростоек механизированной крепи на всех раздвижностях. Из графика видно, что частоты в положениях 0 и 0,5 находятся примерно на одном уровне, а частоты гидростоек в положении 1 имеют большие значения. Следует отметить, что такую же зависимость частот от рабочего положения имеют модели гидростойки, рассчитанные не в составе механизированной крепи [10].

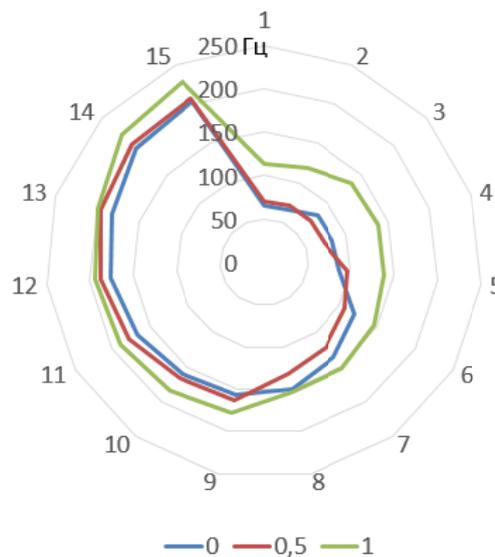


Рис. 5. График частот собственных колебаний гидростоек механизированной крепи

Литература.

1. Расширение технологических возможностей механизированных крепей / Александров Б. А., Коршунов А. Н., Шундулиди А. И., Буялич Г. Д., Леконцев Ю. М., Антонов Ю. А. – Кемерово : Изд-во Томского ун-та, Кузбассвуиздат, 1991. – 372 с.
2. Контактное и силовое взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами / Александров Б. А., Буялич Г. Д., Антонов Ю. А., Шейкин В. И. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. – 130 с.
3. Качество взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами / Александров Б. А., Антонов Ю. А., Буялич Г. Д., Буялич К. Г., Шейкин В. И. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2009. – 121 с.
4. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Буялич Г. Д., Антонов Ю. А., Буялич К. Г., Казанцев М. В., Римова В. М. // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибирский ресурс 2012 : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1. / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 149–153.

5. О форме динамических колебаний блока кровли при реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Прокопьевск, 2014. – С. 133–134.
6. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : СО РАН, КемНЦ СО РАН, Ин-т угля СО РАН, Ин-т углехимии СО РАН, Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева, новацион. фирма «Кузбасс-НИИОГР», ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2014. – С. 108–110.
7. Буялич Г.Д. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. VII Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 28–29 марта 2014 г. В 4 ч. Ч. 1 /Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово, Велико Търново : Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2014. – С. 115–119.
8. Варианты расчета моделей в Autodesk Inventor 2014 / Буялич Г.Д., Воеводин В.В., Увакин С.В. // Сборник материалов VI всероссийской, 59-й научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая» / Отв. ред. Блюменштейн В.Ю. – Кемерово, 2014. – С. 10.
9. Способы построения модели в Autodesk Inventor 2014 для анализа напряжений / Буялич Г.Д., Воеводин В.В., Увакин С.В. // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции, научное электронное издание. редакционная коллегия: В.И. Клишин, З.Р. Исмагилов, С.И. Протасов, Г.П. Дубинин; Институт угля СО РАН . 2014. С. 111–114.
10. Модальный анализ гидростойки в Autodesk Inventor / Буялич Г.Д., Увакин С.В. // Инновационные технологии и экономика в машиностроении. Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт ; Отв. ред. Д.А. Чинахов. Томск, 2015. С. 158–161.

ПЕРСПЕКТИВЫ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ МОРСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*В.Ю. Будник, аспирант, С.Г. Черный, к.т.н., доц.
Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298309, Россия, Керчь, ул. Орджоникидзе 82,
Email: BydnykVladyslav@yandex.ru, Sergiiblack@gmail.com*

1. Введение

В природном сырье нуждается каждая страна и в частности благополучие каждого человека косвенно связано с возможностью распоряжаться теми или иными природными ископаемыми. С этой целью, в этих странах, добыче и разработке новых месторождений природных ископаемых отведено особое значение. Другие же страны, использующие импортные ресурсы, занимаются налаживанием связей для поставок сырья от государств, располагающих ими. В первую очередь это традиционная нефть и газ, которые по своей природе существуют в мире в ограниченном количестве и их известные запасы стремительно, из года в год, истощаются. При нынешней технологической направленности развития цивилизации, мир еще долгое время будет напрямую зависеть от природных залежей энергетического сырья.

Из всех имеющихся перспектив развития отрасли добычи природных ископаемых многих стран, на данный момент, наиболее приемлемыми вариантами являются модернизация средств и методов добычи природных ископаемых, а также проведение более интенсивных научно-исследовательских работ, для поиска новых месторождений энергетического и минерального сырья. Главная роль все же отведена добыче углеводородного топлива, так как ни одно государство не может избежать зависимости от природных энергоресурсов взамен, тем же возобновляемым источникам энергии, которые регенерируются естественным путем (свет солнца, потоки воды, ветер, приливные и отливные явления и геотермальная теплота), хоть мировая энергетика движется в этом направлении.

2. Состояние сферы

По той причине, что на данном этапе не существует энергетического нефтегазового аналога, который мог бы стать их заменителем, дальнейшая добыча углеводородов будет продолжаться, и объемы добычи будут возрастать. Принимая во внимание тот факт, что большая часть сухопутных углеводородных месторождений теряет свою актуальность в связи с их истощением, смещение на-

правления добычи и исследования на просторы морей и океанов является очень актуальным. Ниже приведены основные факторы, влияющие на необходимость разработки оффшорных и глубоководных месторождений:

- Демографический - характерен научным и технологическим развитием общества, неуклонным ростом населения, так же, как и развитием зависимости человека от благ, получаемых от использования ресурсов земли.
- Технологический - характерен тенденцией увеличения скорости добычи ресурсов, внедрение и исследование новых методов, так же как прямая зависимость развития технологий от доходов, полученных после реализации добываемых ресурсов.
- Экономический - характерен зависимостью развития экономики страны от обладания ресурсами и их количеством.

Главная проблема разработки месторождений морского шельфа остается его наукоемкость и технологическая сложность процесса разработки. При этом не стоит забывать о экстремальных условиях работы выполняемой на поверхности моря, которые могут вызвать весьма опасные последствия в работе нефтегазодобывающего флота. Но не смотря на всю проблематику, целесообразность развития морского шельфа подтверждена многократными исследованиями, согласно которым, наличие залежей углеводородов морского дна превосходят все ожидания и равны приблизительно половине общих мировых запасов. На сегодняшний день разведано только около 2% акватории мирового континентального шельфа. Большая часть запасов все еще остается скрытой и расположена в оффшорной зоне (эксклюзивная (исключительная) экономическая зона). При этом предполагается, что больше чем 60 % от общей площади морского континентального шельфа имеют в своих недрах наличие угля, нефти и газа. На 2013 год уже было пробурено более чем 100 тыс. скважин. За последние 20 лет, количество новых, крупных месторождений на шельфе значительно превысило число крупных, обнаруженных источников углеводородов на суше. По некоторым оценкам 20-30 % мировой добычи углеводородов приходится на морские месторождения уже в настоящее время.[3,4]. При этом на данный момент 27% добываемых морских углеводородов приходятся на глубоководную часть океана и морей.[8]

Стоит заметить, что не только нужда в углеводородном топливе привела людей на разработку морского дна, важную роль так же играет разработка других полезных ископаемых (алмазы, железные руды, золото, марганец, фосфориты, баритовые конкреции, кобальт, глауконит, сера и другие), которые были обнаружены и разработаны за последние 50 лет, с глубин океана и недр морского дна. Запасы «морских» природных ископаемых поистине колоссальны, а истощение традиционных «сухопутных» источников и все более детальное исследование морского дна приводит к тому, что они занимают, большую долю в мировой добыче полезных ископаемых. Так же с развитием новых технологий и прорывных открытий, появились нетрадиционные источники углеводородного топлива (тяжелая, высоковязкая нефть и битумы, сланцевый газ, метан угольных пластов, газ и нефть низкопроницаемых коллекторов, а также прочие нетрадиционные источники нефти и газа), которые на данный момент являются аналогиями уже привычных нам, традиционным углеводородам - нефти и газу.

Хотелось бы отметить основные перспективы развития отрасли морской добычи минеральных ресурсов:

- Экономичность и экологичность процесса морской добычи, по причине исключения буровзрывных работ из процесса разработки месторождений, тем самым увеличение рентабельности морской добычи[14];
- Полное или частичное преобладание объемов отдельных полезных ископаемых в месторождениях шельфовой и глубоководной зоны, по сравнению с континентальными «сухопутными» источниками. [15,16].
- Снижение себестоимости добычи полезных ископаемых по причине более плотной их концентрации на морском шельфе и глубоководье, чем на берегу.[15, 17, 18];
- Освоение некоторых видов подводных месторождений полезных ископаемых выполняется в более короткие сроки, чем строительство горнодобывающего комплекса для таких же ископаемых на суше.

Главную роль при добыче полезных ископаемых шельфовой зоны и глубоководья отведена передовым странам в экономическом и промышленном отношении. Добыча подводных минеральных ресурсов имеет свои особенности в методах добычи и в технологиях используемым для этих целей, а также определенные требования к перспективному и безопасному освоению. Процесс освоение этой отрасли, как и добыча углеводородов очень наукоемка и задействует сразу несколько разных сфер деятельности (специальное судостроение, разработка передовой техники и технологий и

др). Разработка дна морей и океанов, в ближайшем будущем, будет занимать все большую долю в мировой добыче полезных ископаемых.

3. Исследование проблем в развитии сферы

Разработка дна морей и океанов, в ближайшем будущем, будет занимать все большую долю в мировой добыче полезных ископаемых.

Наиболее актуальной задачей на данный момент является разработка технологий, которые смогут обеспечить рентабельную и экологически безопасную разработку донных месторождений различных природных ископаемых, так как опыт ведения таких работ еще достаточно мал. Нынешнее оборудование малоэффективное для морских разработок и является главным препятствием для их начала.

Учитывая основные преимущества подводной добычи полезных ископаемых по сравнению с ведением «сухопутных» горно-добычных работ, а также программы РФ направленные на дальнейшую разработку и исследование данного сектора, эта отрасль будет занимать важную роль в добыче полезных ископаемых, при этом она не потеряет свою актуальность, а будет только укреплять свои позиции со временем.

Существует отдельное направление добычи углеводородов из нетрадиционных источников, которые создали значительные структурные сдвиги и изменения в нефтегазовом секторе мировой экономики. К этим изменениям и сдвигам относятся следующие:

- Повсеместное распространение комплекса новых технологий, выполняющих роль резкого наращивания объемов добычи углеводородов, за счет ранее не изведенных ресурсов углеводородного сырья (сланцевая революция).
- Глобализация газового рынка, за счет быстрого увеличения газовой доли в балансе мирового потребления и добычи углеводородов, по причине повсеместного внедрения технологии сжиженного газа.

Каждое из направлений добычи нетрадиционных углеводородов имеет ряд своих преимуществ и недостатков. К основным недостаткам относятся производственные издержки при разработке и добыче таких месторождений. Преимущество же их в том, что в связи с тем, что разработка происходит непосредственно в близости от района потребления, это позволяет экономить на транспортировке. Большой частью их добыча сконцентрирована на континентальных месторождениях, развитие же данного направления на морском шельфе. Инвестиции же согласно [19], главным образом на протяжении последующих 20 лет, будут направлены на традиционные источники углеводородов.

При этом стоит помнить тот факт, что быстрое снижение производственных затрат, связанных с добычей нетрадиционной нефти и газа, а также появление прорывных технологий могут поменять картину нефтегазодобычи кардинально.

Анализируя таблицу 2, становится очевидно, что Россия находится на начальном этапе промышленной разработки своего морского континентального шельфа, который составляет 20-22 % от мировой морского шельфа и по совместительству является самым большим шельфом мира с площадью в 6,2 млн км² из них 4,2 млн. км² в пределах Российской эксклюзивной экономической зоны. Согласно данным [2] можно оценивать ресурсы российского континентального шельфа приблизительно в 100 млрд. тонн условного топлива с учетом ресурсов крымского сектора Черного и Азовского моря, из которых нефти — 16.7 млрд. тонн, а газа приблизительно — 79 трлн. м³.

Оффшорная разработка углеводородов способна компенсировать падение добычи на истощающихся месторождениях в традиционных нефтегазодобывающих районах России – Волго-Урале и Западной Сибири. Уже в 2014 году согласно [10] добыча нефти на континентальном шельфе России составила 16,1 млн. тонн, что равно 3,1 % от общего объема добываемой нефти по России, а газа - 31,5 млрд м³ -4,9%- от общероссийского объема. Эти объемы большей частью приходятся на Каспийское и Охотское море.

Основываясь на данные предоставленные в журналах «нефтегазовая вертикаль», «нефть России», результаты опроса из «шельф России» и «oilandgasjournal», становится очевидно, что основные проекты РФ в области энергетики, активно обсуждающийся сегодня - это акватория арктического шельфа (Баренцево и Карское море) на который приходится приблизительно 83-85% уже разведанных запасов углеводородов от суммарного имеющегося объема. На данный момент на арктическом шельфе открыто более 20 углеводородных провинций и бассейнов, при этом 50 % месторождений оправданы и доказаны. Основная часть ресурсов Арктики находится в западной части, восточная часть же остается все еще мало разведанной. Дальневосточный континентальный шельф включает в

себя 12-14% запасов углеводородов, остальные 5-3% приходятся на шельфы других морей (Каспийское, Черное, Балтийское, Азовское). [2]

4. Выводы

В данном 2015 году особое внимание уделяется подготовительным буровым работам и обработке полученных ранее в 2014 году материалов по отношению к российскому континентальному шельфу. Бурение планируется начать уже в 2016 году в районах Охотского, Баренцево и крымского сектора Черного моря. Имеется и долгосрочный план по разведке и разработке арктических морей, опираясь на свой недавно приобретенный опыт на Приразломном месторождении и информацию, полученную по итогам проведения поисково-разведывательных операций. Весьма важным остается вопрос инвестирования и сотрудничества с иностранными компаниями, но в связи с санкциями, могут возникнуть некоторые затруднения. Вопрос собственного производства платформ российскими компаниями тоже является очень актуальным, но окончательного решения пока еще не получил.

Основываясь на тенденции последних десятилетий можно сделать вывод о беспрецедентном росте мировых затрат на морскую добычу и геологоразведку. Это объясняется постоянно растущим спросом на природные ресурсы, который вызван рядом экономических, демографических и технологических факторов. Следствием этого является постоянный поиск и освоение новых традиционных и нетрадиционных запасов природных ресурсов, смещение работы на глубоководные морские и океанские акватории и районы с тяжёлыми условиями работы, разработка новых прорывных технологий. При этом необходимость поддержания процесса добычи на безопасном уровне для персонала и мировой экологии в целом, является одним из приоритетных направлений. За этими процессами стоит будущее добывающей отрасли природных ресурсов.

Литература.

1. Chernyi S., Zhilenkov A. Modeling of complex structures for the ship's power complex using XILINX system. Transport and Telecommunication. 2015. Vol. 16 (1), pp. 73–82
2. Maritime zone, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
3. Energy land info, http://energyland.info/news-show-neft_gaz-technology-105001
4. Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle. U.S. Geological Survey. Fact Sheet 2008–3049
5. A.N. Dmitrievskii, V.I. Visockii. Shale gas -a new vector of the global oil market development. vol. 2 (2010)
6. Chernyi S. The implementation of technology of multi-user client-server applications for systems of decision making support. Metallurgical and Mining Industry, 2015. Vol. 3. pp. 60- 65
7. World Energy Investment Outlook. Special Report OECD/IEA. 19-45 (2014)
8. IHS ,<http://press.ihs.com/press-release/energy-power/ihs-cera-role-deepwater-production-global-oil-supply>
9. Y. Grama. The analysis of Russian Oil and Gas Reserves. International Journal of Energy Economics and policy. Vol. 2(2). 82–91 (2012)
10. Krukov, V., et al: Familiarization with Arctic- only together. Shelfresources. Vol. 4. 40-46 (2013)
11. S.G. Chernyi, V.Yu. Budnik. Elements of the introspective analysis to evaluate software in navigation. 22nd Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2015. 147-150 (2015)
12. A.M. Ashihmin. The results of the survey. The forecast of development of Russian shelf 2015-2020. Technical report, <http://www.russianshelf.com/ru/page/shelf-rossii-skachat-resultati-oprosa>
13. Great Soviet Encyclopedia, <http://bse.sci-lib.com/article093165.html>
14. Y.G. Nikifipov, A.O. Shpaiher. Kara sea. Great Soviet Encyclopedia. vol. 11. (1978)
15. Ju.P. Doronin. Shelf zone oceanography. St. Petersburg. 128 (2007)
16. L. Brehovskih. The ocean and people. Presentandfuture. Moskow. 257. (1987)
17. M. Pilipchuk. Environmental impacts of nodule mining in the deep areas of the World Ocean. Moskow. Vol.8. 32-36 (2001)

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Абабков Н.В. 13
Абдуллина О.А. 387
Абраменко Н.С. 404
Аксенов В.В. 439
Аксёнова К.В. 94, 98
Аксютин В.А. 106
Анахов С.В. 42
Арканова Ю.А. 121
Архипова Д.А. 423
Афиногенова И.Н. 435
Ахмадиев Г.М. 413
Ахмадулин Р.К. 296
Ахмедов А.Э. 358
Ахметов А.Д. 28
Байсанов А.С. 201, 261
Барашкин М. 22
Баус М.С. 264, 328
Баус С.С. 274, 325
Бахадиров Г.А. 204
Бахадиров К.Г. 210
Бегляков В.Ю. 439
Безбородов В.П. 75
Биктимиров А.С. 298
Бобешко Е.В. 330
Богданова Т.Н. 333
Борисов В.Д. 417
Борисова Н.М. 375
Бубин М.Н. 335
Будник В.Ю. 455
Будников А.А. 46
Букатин А.Д. 294
Бусыгин С.Л. 18
Бусыгина Е.К. 18
Буялич Г.Д. 448, 452
Буялич К.Г. 448
Валдайцева Е.А. 216
Войткевич И.Н. 417
Воробьев М.И. 207
Габитов Э.К. 59
Газенаур Е.Г. 172
Галевский Г.В. 102
Галевский С.Г. 102
Гахраманов В.Ф. 91
Гизатулин Р.А. 33
Глеков П.М. 337
Гордынец А.С. 49
Горайнова Е.С. 284
Григорьева Е.Г. 85
Гринин О.И. 216
Громов В.Е. 94, 98
Губайдулина Р.Х. 112, 153, 167
Гуляев Н.М. 245
Давлатов Г.Д. 112
Давлатов Г.Д. 153
Девойно Д.Г. 164
Девойно О.Г. 117, 164
Деменкова Л.Г. 221
Джамансариев Н.Б. 381
Джафарова А.А. 91
Димитрова О.И. 345
Добрычева И.В. 379
Должин И.А. 279
Достовалов Д.Н. 269
Дудак Н.С. 123, 126
Жунусов А.К. 40
Зайцев К.В. 134, 347
Захарова А.А. 300
Зеленин С.С. 279
Ибрагимова К.С. 370
Иванов Л.М. 245
Игишева А.Л. 187
Ильинский Ю.Ю. 256
Исагулов А.З. 201, 261
Итыбаева Г.Т. 123
Картуков К.С. 291
Карцев Д.С. 53
Касенов А.Ж. 126
Качаева С.Г. 360, 391
Козлов С.В. 354
Козлова И.В. 395
Козырев Н.А. 33
Кокарева В.В. 316
Колегова О.А. 300
Коновалов С.В. 98
Коротков С.Е. 426
Коротков Е.С. 389
Корчева Е.С. 397
Корчуганова М.А. 294
Костинец И.К. 439
Крампит А.Г. 59
Крампит Н.Ю. 59
Криницын М.Г. 224, 226, 232
Кузьмина Л.В. 172
Кулинич В.И. 40
Кучерявенко С.В. 341
Лазаревская М.Н. 419
Лазаревский П.П. 128, 419
Лапковский А.С. 117
Лаптева У.В. 311
Ласота И.Т. 216
Ласуков А.А. 134
Ласукова Н.А. 134
Литвиненко В.В. 187
Лоцилова М.А. 347, 379
Лубяной Д.А. 121, 258
Луцко Н.И. 117
Майорова Е.И. 85
Макаров В.Ф. 140
Малушко Е.Ю. 282
Мальшикина Н.И. 444
Марчук В.И. 373
Маслов А.В. 350
Матрунчик М.С. 228
Матушкин А.В. 42
Мицель А.А. 354
Молнина Е.В. 303
Момот М.В. 298
Мочалов А.В. 256
Мощенко И.В. 313
Мусина Ж.К. 123
Мычка С.Ю. 367
Назаренко А.А. 409
Намазов С.Н. 91
Никитин С.П. 140
Никитина Е.Н. 94
Нозирзода Ш.С. 159, 167
Носов Д.Г. 22
Нохрина О.И. 145, 174
Ожогов Е.В. 291
Орлов В.Н. 258
Осипова В.Г. 431
Павлов В.А. 437
Павлов Е.В. 46, 64, 68, 73, 149, 207, 235, 238, 243, 250
Павлов И.В. 64, 68, 73, 235, 238, 243, 250
Павлович А.А. 151
Пашкова Л.А. 245
Перемитько В.В. 22
Песин М.В. 151, 254
Петров Е.В. 360, 391
Петрушин С.И. 153, 159, 167
Пилипчук А.П. 164
Писмаркин В.В. 134
Поболь О.Н. 399
Подгорных О.А. 198
Полицинская Е.В. 375
Попонина А.И. 417
Пранкевич Д.А. 309
Проничев Н.Д. 316
Проскураина Э.Э. 18
Прохорова С.В. 411
Прошунин И.Е. 145, 174
Пыкин Ю.А. 42
Разумников С.В. 309
Родзевич А.П. 172
Рожихина И.Д. 145, 174
Романенко А.В. 311
Романенко С.В. 404
Романенко Ю.Е. 128, 419
Ромашкина Г.Ф. 287
Руднева В.В. 102
Сайдахметова Н.Б. 204
Сапрыкин А.А. 176
Сапрыкина Н.А. 176
Сараев Ю.Н. 75
Саттарова К.Т. 316
Свиридов А.П. 185
Селиваникова О.В. 320
Селиванов Ю.В. 75
Сиргетаева Г.Е. 201, 261
Скотников А.А. 106, 181
Скрипко С.И. 49
Смольянинова И.В. 358
Собачкин А.В. 185
Соболева Э.Г. 187
Солдатова А.А. 81
Сомонов В.В. 28
Спивакова Е.А. 365
Статников И.Н. 399
Степанова С.В. 397, 409, 411, 429
Стулов А.В. 210
Судариков А.В. 221
Сушко А.В. 375
Счастливец И.В. 423
Сырбаков А.П. 294
Таскарина А.Ж. 126
Ташиян Г.О. 284
Телипенко Е.В. 381
Темпель О.А. 190, 444
Темпель Ю.А. 187, 444
Титов Д.А. 33
Трифонов В.А. 341, 370
Увакин С.В. 452
Уманский А.А. 33
Умрихина В.Ю. 448
Федосеев С.Н. 195
Федюк Р.С. 256
Фирсов Г.И. 399
Хусанов К.Б. 204
Цибульский И.А. 28
Червяков Л.М. 149
Черепанов Д.Н. 320
Черный С.Г. 455
Чернышева Т.Ю. 313
Чинахов Д.А. 85

Алфавитный указатель авторов

Шабанов А.С. 106

Шайдуллина А.А. 429

Шамарин Н.Н. 198

Шаталов М.А. 367

Шевченко С.Ю. 121

Шихов Е.А. 287

Юсупов А.Р. 254

Яковлев В.И. 185

Янковская А.Е. 320

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
VII Международной научно-практической конференции

**Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание
представленной информации ответственность несут авторы**

Компьютерная верстка и дизайн обложки
Е.Г. Фисоченко

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 11.05.2016 . Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 53,62 . Уч.-изд. л. 48,50
Заказ 189-16. Тираж 250 экз.



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ